Princeton University Library
32101 058426030

COSMOS

ENSAYO DE UNA

DESCRIPCIÓN FÍSICA DEL MUNDO

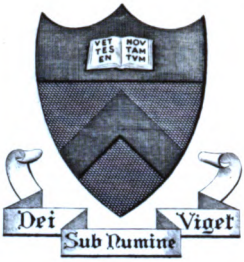
POR

ALEJANDRO DE HUMBOLDT

TOMO IV

Digitized by Google

Library of



Princeton University.

FROM THE LIBRARY OF
WILLIAM BEEBE

COSMOS.

Digitized by Google

Digitized by Google

OBRAS DE ALEJANDRO DE HUMBOLDT.

COSMOS

ENSAYO DE UNA

DESCRIPCION FISICA DEL MUNDO

POR

ALEJANDRO DE HUMBOLDT.

VERTIDO AL CASTELLANO

POR

BERNARDO GINER

Y

JOSE DE FUENTES.

«Naturæ vero rerum vis atque majestas in omnibus momentis fide caret, si quis modo partes ejus ac non totam completat animo.»
PLINIO I, VII, c. 1.

TOMO IV.

MADRID
IMPRENTA DE GASPAR Y ROIG, EDITORES.
CALLE DEL PRINCIPE, NÚM. 4

1875.

Digitized by Google

Se ha cumplido con las condiciones que marca la ley para los derechos de propiedad.

Digitized by Google

INTRODUCCION DEL AUTOR

PARA EL TOMO CUARTO.

En una obra que abraza muchas cosas, que ha de estár al alcance de todas las inteligencias, y en la que nada debe turbar la impresion del conjunto, casi puede decirse que el trabajo de la composicion, la division y la subordinacion de las partes, importan mas aún que la riqueza de los materiales. Esta necesidad se hace sentir tanto mas respecto del *Cosmos*, es decir, respecto del *Libro de la Naturaleza*, cuanto que las miras generales, bien se consideren objetivamente los fenómenos esteriores, ya se busque el reflejo de la Naturaleza en la imaginacion y en los sentimientos del hombre, deben tratarse con entera independencia de los resultados particulares. Esas miras generales, cuyo objeto es nada menos que el conjunto de la Naturaleza, se hallan bosquejadas en los dos primeros tomos del *Cosmos*, donde tambien se vé, cómo la humanidad á través de los siglos y bajo las zonas mas diferentes, ha procurado paso á paso llegar á conocer el concurso de las fuerzas que animan el Universo. Aunque para hacer comprender el encadenamiento de las causas y de los efectos, haya sido necesario citar considerable número de fenómenos, no es menos cierto que un cuadro general de la Naturaleza careceria de frescura y de vida, si no estuviese contenido en estrechos lí-

8 017
H86
.18
v.4
(RECAP)
Digitized by Google

mites, y si la acumulacion de los hechos imposibilitara abarcarlo de un solo golpe de vista.

Así como en los Atlas geográficos, los mapas de tal ó ó de cual país, siguen á los mapas que representan la superficie toda del globo ó la estructura interior de la corteza terrestre, así tambien nada me ha parecido mas propio para una descripcion física del Mundo, y mas natural para facilitar su inteligencia, que colocar á continuacion de las altas generalidades sobre el conjunto de ese mismo Mundo los hechos particulares cuyo conocimiento constituye el estado actual de la Ciencia. Los dos últimos tomos del *Cosmos* deben, pues, considerarse, segun he dicho ya (1), como una repeticion mas completa y acabada del Cuadro general de la Naturaleza (2). De las dos esferas que forman el Mundo, la esfera celeste únicamente ha suministrado la materia del tercer tomo; quedando la esfera terrestre reservada para el cuarto. Háse conservado así la antigua division del universo creado en Cielo y Tierra, division tan sencilla, tan natural, que en todos los pueblos se halla, en los primeros monumentos en que se manifiesta el despertar de la conciencia humana.

Pasar de la inmensidad del firmamento, en donde brillan innumerables soles, ya aislados, ya unidos entre sí por el lazo de una gravitacion recíproca, y de lejanas nebulosidades, á nuestro sistema planetario, es descender de lo universal á lo particular y á un órden de ideas relativamente pequeño. ¡Cuánto no se reduce todavía el campo de la observacion, cuando del conjunto de ese sistema y de los diferentes cuerpos que le componen, se pasa al esferoide terrestre, es decir, á uno solo de entre los planetas que verifican su revolucion alrededor del Sol! Evaluando el paralaje de la estrella mas próxima, α del Centauro, en $0'',9187$, se observa que la distancia de dicha estrella es 263 veces mayor que el diámetro de nuestro sistema solar, medido hasta el

Digitized by Google

afelio del cometa de 1680, y este punto está á su vez á una distancia 853 veces mayor que la de la Tierra al Sol (3). Esos números nos dan la distancia que separa una de las regiones mas próximas del firmamento, y lo que se tiene por el límite estremo del sistema solar, así como la distancia de este límite al lugar de la Tierra.

La Uranología, que se aplica á todo lo que llena los espacios mas apartados de la creacion, conserva siempre su antiguo privilegio de trasportar la imaginacion del hombre y de imprimirle la idea mas sorprendente de lo sublime, merced á la imposibilidad de abrazar las relaciones de espacio y de número que nos suministra, al órden y regularidad que presiden el movimiento de los cuerpos celestes, merced tambien á la admiracion que escitan en nosotros los resultados de la observacion astronómica y los esfuerzos del entendimiento humano. Ese sentimiento de regularidad y de periodicidad se ha impuesto al hombre desde luego, y frecuentamente se refleja en las formas de lenguaje que se relacionan con el curso armonioso de los astros. Pero lo que quizá da á las leyes cuya existencia en la esfera celeste se ha comprobado el carácter mas maravilloso, es su sencillez: solo se aplican con efecto, á las dimensiones de los astros, á la distribucion de la materia ponderable de que están formados y á su fuerza de atraccion. Esta impresion de grandeza material con que admiramos un objeto incomensurable se trasforma, en virtud del lazo misterioso que une el mundo sobrenatural al mundo sensible, y nos hace pasar, casi inconscientemente, á una esfera de ideas mas elevadas. Hay en la imágen del infinito, de todo lo que no tiene medida y carece de límite, una fuerza que escita en nosotros cierta disposicion grave y solemne, algo parecido á la emocion que causan siempre la grandeza intelectual y la elevacion moral.

El efecto que produce simultáneamente, en pueblos en-

Digitized by Google

teros, la vista de fenómenos celestes estraordinarios, demuestra perfectamente la fuerza de esas asociaciones de sentimientos. La impresion que reciben las imaginaciones vivas al solo aspecto de la bóveda estrellada, auméntase por la Ciencia y por el uso de los instrumentos que ha descubierto el hombre para acrecentar su fuerza visual y estender su horizonte. A la sensacion que causa la inmensidad del Cielo, agrégase tambien la de la paz que parece reinar en él. La idea de la paz se liga naturalmente con las de regularidad y de armonía, librando á las profundidades del espacio y del tiempo de esa especie de horror que les presta la imaginacion. El hombre, bajo todas las zonas, se siente ingenuamente conmovido al contemplar la calma de una noche de verano iluminada por las estrellas.

Si las impresiones de masa y de estension pertenecen especialmente á la parte sideral de la descripcion del Mundo, si el órgano solo de la vista basta para llegar al conocimiento de la esfera celeste, la parte terrestre tiene en cambio la ventaja decisiva de ofrecer en los diferentes elementos que la componen una variedad susceptible de divisiones científicas. Todos nuestros sentidos nos ponen en contacto con la naturaleza terrestre. Cierto es que la Astronomía, mas asequible que ninguna otra ciencia á las combinaciones matemáticas, en cuanto es el conocimiento de los cuerpos luminosos en movimiento, ha dado al alto análisis un nuevo brillo, y ensanchado de una manera sorprendente el vasto dominio de la Óptica; pero la esfera terrestre, merced á la variedad de las sustancias que la componen y á la complicacion de las fuerzas que esas sustancias ponen en juego, ha fundado por sí sola la Química y todas las ramas de la Física que tratan de fenómenos considerados hasta el dia como estraños á las ondulaciones del calor y de la luz. Así, cada esfera, por la naturaleza de los problemas que propone á nuestra curiosidad, egerce una influencia diferente en el

Digitized by Google

trabajo de la inteligencia y el acrecentamiento del tesoro científico de la humanidad.

Todos los cuerpos celestes, á escepcion de nuestro planeta y aereolitos que atrae hácia sí, no son, en lo que nos permiten juzgar los límites de la ciencia humana, sino una materia homogénea, gobernada por las leyes de la gravitacion, sin ninguna diferencia específica ó elemental de sustancia. Pero esta manera tan sencilla de representarlos no resulta de la naturaleza interior y constitucion de esos cuerpos; fúndase únicamente en la simplicidad de las condiciones que bastan para esclarecer y determinar de antemano sus movimientos en el espacio. Como he tenido ya ocasion de recordar muchas veces (4), háse llegado á este punto de vista por la imposibilidad de percibir la heterogeneidad de la materia. Así es como se ha resuelto el gran problema de una mecánica celeste, subordinando todos los cambios que se realizan en la esfera sideral á la sola ley de la teoría del movimiento.

Los cambios periódicos de las manchas luminosas que se observan en la superficie de Marte, indican ciertamente que la sucesion de las estaciones es causa de distintos fenómenos meteorológicos en la atmósfera de dicho planeta, y que existen en los polos depósitos producidos por el frio (5). La analogía y relacion de las ideas nos llevan á deducir de aquí la presencia del hielo ó de la nieve, y por consiguiente del oxígeno y del hidrógeno, como las masas eruptivas de la Luna ó sus valles circulares nos autorizan á admitir la diversidad de las rocas; pero la observacion inmediata nada nos suministra respecto de este asunto. Newton únicamente se permitia hipótesis respecto de la constitucion elemental de los planetas pertenecientes á un mismo sistema solar; lo sabemos por cierta conferencia que tuvo con Conduit (6), en Kensington. La imágen uniforme de una materia homogénea obediente á las leyes de la gravitacion y condensada en

Digitized by Google

cuerpos celestes ocupa diferentemente la imaginacion pensadora del hombre; el mito es el que presta á los desiertos silenciosos de los espacios celestes el poderoso atractivo de la armonía (7).

Testigo de la riqueza infinita de sustancias químicamente distintas y de la variedad de los fenómenos por los cuales se manifiestan sus fuerzas, colocado en medio de todas las formas que crea la actividad de la naturaleza orgánica y de gran número de sustancias inorgánicas, entre las trasformaciones constantes que presentan alternativamente la apariencia del aniquilamiento y de la reproduccion, el espíritu organizador se esfuerza, desesperando á veces de su trabajo, en referir el movimiento á leyes simples. Léese ya en la *Física* de Aristóteles (8): «Los principios fundamentales de la Naturaleza entera son el cambio y el movimiento. El que no ha reconocido esos principios no conoce la Naturaleza.» En otra parte (9), al tratar Aristóteles de la heterogeneidad de la materia ó, segun sus palabras, de la diferencia de esencia, llama ἀλλοίωσις, es decir, trasformacion, al movimiento considerado como componente en la categoría de la cualidad, y distingue esta trasformacion de la simple mezcla μίξις, y de la penetracion, que no escluye la separacion.

La desigual ascension de los líquidos en los tubos capilares; la endosmosis, tan activa en todas la células orgánicas, y que probablemente es una consecuencia de la capilaridad; la condensacion de los gases en los cuerpos porosos, como por ejemplo, del oxígeno en cierta preparacion de platino, con una presion superior á la de700 atmósferas, y del ácido carbónico en los poros del carbon de boj, donde mas de una tercera parte del gas se condensa en gotas sobre las paredes de las células; el efecto químico de las sustancias de contacto que, por su presencia determinante ó su fuerza catalítica, destruyen ó producen combinaciones, sin participar

Digitized by Google

ellas mismas del resultado que causan, todos esos fenómenos, demuestran que á distancias infinitamente pequeñas, las sustancias ejercen, unas sobre otras, cierta atraccion dependiente de su naturaleza específica. Tales atracciones serian inesplicables si no se admitieran movimientos que se escapan á nuestra vista.

¿Qué relacion existe entre la atraccion recíproca de las moléculas, considerada como una causa de movimiento perpétuo en la superficie y muy probablemente en el interior de la Tierra, y la gravitacion que pone tambien en movimiento perpétuo los planetas y sus soles? La solucion siquiera sea parcial de este problema puramente físico sería la mas gloriosa conquista que pudieran intentar, en este órden de hechos, los esfuerzos reunidos de la esperimentacion y de la reflexion. En la relacion que indicaba mas arriba, he tenido cierto reparo en designar únicamente bajo el nombre de atraccion newtoniana la atraccion que reina en los espacios celestes, y obra en razon inversa del cuadrado de las distancias. Esta denominacion esclusiva me pareceria una injusticia á la memoria del gran hombre que, sin distinguirlas claramente una de otra, habia sin embargo reconocido la existencia de esas dos fuerzas, y que, presintiendo los descubrimientos venideros, procuraba, en sus adiciones á la *Óptica*, referir la capilaridad y cuanto se conocia entonces de la afinidad química á la gravitacion universal (10).

Así como en el mundo de los sentidos, especialmente en el horizonte del mar, imágenes engañosas burlan durante mucho tiempo la esperanza del navegante que se cree en en el momento de entrar en posesion de una tierra desconocida, así tambien, en este horizonte ideal que limita las mas apartadas regiones del mundo del pensamiento, el investigador de la naturaleza siente nacer y desaparecer multitud de ilusiones mentirosas. Preciso es confesar, sin embargo, que los descubrimientos de estos últimos tiempos

Digitized by Google

son á propósito para exaltar la confianza. Citaré la electricidad de contacto; el magnetismo de rotacion, obtenido por fluidos liquefactados ó congelados; la feliz idea de considerar toda afinidad química como la consecuencia de las relaciones eléctricas de los átomos con una fuerza polar predominante; la teoría de las sustancias isomórficas aplicada á la formacion de los cristales; los fenómenos producidos por el estado eléctrico de las fibras musculares animadas; y por último, la influencia comprobada de la posicion del Sol, es decir, de la irradiacion solar que eleva la temperatura, en el mas ó menos de sensibilidad y espansion magnéticas de uno de los elementos que entran en la composicion de la atmósfera, del oxígeno. Cuando se vé aparecer en el mundo físico algun fenómeno nuevo, desconocido hasta entonces, podemos creernos tanto mas cerca de descubrimientos nuevos tambien cuanto que las relaciones del fenómeno con los hechos ya conocidos son confusas y aun contradictorias.

He elegido con especialidad los ejemplos en que efectos dinámicos de fuerzas atractivas parecen abrir la via porque puede esperarse llegar á la solucion de estos dos problemas: comprobar la heterogeneidad originaria, invariable, y por consiguiente elemental, de las sustancias, tales como el oxígeno, el hidrógeno, el azufre, el potasio, el fósforo, el estaño, y medir los esfuerzos que hacen esos cuerpos para reunirse, es decir, su afinidad química. Pero, lo repito, todo lo que sabemos de la materia descansa en diferencias de forma y de mezcla. Tales son las abstracciones bajo las cuales creemos abarcar el movimiento universal de la creacion por medidas y análisis. La detonacion de los fulminantes bajo una ligera presion mecánica, la esplosion acompañada de fuego y aun mas pavorosa del cloruro de azoe, contrastan con la union del cloro y del hidrógeno, que se inflama en el momento mismo en que

Digitized by Google

recibe un rayo directo del Sol, particularmente un rayo violado. La trasformacion de la materia, la composicion y la descomposicion trazan el círculo donde se mueven eternamente los elementos, en la naturaleza inorgánica, como en las células animadas de los animales y las plantas. Esto no es obstáculo para que la cantidad de materia existente permanezca siempre la misma: los elementos cambian solo de lugar.

Así se ve confirmado el antiguo principio de Anaxágoras, de que lo que existe en el Universo no aumenta ni disminuye; y que lo llamado por los Griegos aniquilamiento no es otra cosa que el cesar de combinaciones anteriores. Indudablemente la esfera terrestre, asiento del mundo orgánico, único accesible á nuestra observacion, parece ser un obrador de muerte y de disolucion, pero el gran fenómeno de la combustion lenta que llamamos disolucion, no lleva en pos de sí el aniquilamiento. Las sustancias vueltas á su ser se reunen con otras sustancias, y merced á las fuerzas de que están animadas, germina y surje del seno de la Tierra una nueva vida.

Digitized by Google

RESULTADOS PARTICULARES

DE LA OBSERVACION EN EL DOMINIO

DE LOS FENOMENOS TERRESTRES.

Si en una obra en que se dispone de un material inmenso formado de los mas diversos objetos se quieren dominar esos materiales, es decir, poner en órden los fenómenos de tal manera que se pueda conocer fácilmente su dependencia, el único medio de hacer luminosa la esposicion es subordinar las nociones especiales, particularmente en el campo tanto tiempo abierto de la observacion, al punto de vista mas elevado de la unidad del Mundo. La esfera terrestre, opuesta á la celeste, se divide en dos partes: la naturaleza inorgánica, y la naturaleza orgánica. Comprende la primera, la magnitud, la forma y la densidad de la Tierra; su calor interno, su actividad electro-magnética, la constitucion mineralógica de su corteza, la reaccion del interior sobre la superficie, que se produce dinámicamente por via de quebrantamiento, químicamente por los fenómenos que forman y trasforman las rocas, la invasion parcial de la superficie sólida por el elemento líquido ó el mar; el contorno y las articulaciones de la parte sólida que se levanta sobre las olas, es decir, continentes é islas; por último, la envuelta gaseosa que cubre

Digitized by Google

el globo por todas partes, ó en otros términos, la atmósfera. El dominio de la naturaleza orgánica comprende, no las formas particulares de la vida, cuya descripcion es propiamente el objeto de la Historia natural, sino las relaciones de localidad que existen entre los séres y las partes sólidas ó líquidas de la superficie terrestre, es decir, la Geografía de las plantas y de los animales, y las gradaciones de la especie humana en razas y en tríbus, á pesar de su unidad específica.

Esta division pertenece en cierto modo á la antigüedad. Distinguíanse ya por entonces los dos órdenes de hechos: de una parte, los fenómenos elementales y la trasformacion de las sustancias; de otra, la vida de las plantas y de los animales. A falta de medios para aumentar la fuerza visual de que se carecia casi en absoluto (11), la distincion entre los vegetales y los animales era puramente intuitiva ó descansaba únicamente en el poder que tienen los animales de alimentarse por sí mismos y en el mecanismo interior que los permite moverse (12). La especie de concepcion intelectual que llamo intuicion, y mas aun la asociacion de las ideas, tan penetrante y tan fecunda en Aristóteles, le revelaron el tránsito aparente de lo animado á lo inanimado, de la sustancia elemental á la planta, y le llevaron á ver que, tendiendo siempre la vida á elevarse en la escala de los séres, existen gradaciones insensibles de las plantas á los animales inferiores (13). La historia de los organismos, tomando la palabra historia en su sentido primitivo, es decir, trasportándonos á la época de los Faunos y de las Floras antiguas, está tan íntimamente unida á la Geología, con la superposicion de las capas terrestres y edad de los levantamientos, ya de paises enteros, ya simplemente de montañas, que no he creido en una obra como el *Cosmos*, deber tomar por punto de partida la division, muy natural por otra parte, de la naturaleza or-

Digitized by Google

gánica y de la naturaleza inorgánica, y hacer de ella un elemento principal de mi clasificacion. La gran division que he seguido me parece mas adecuada al objeto que me propongo, puesto que representa mejor el encadenamiento de vastos fenómenos, que ocupan un lugar considerable en el Universo. Con efecto, no me es posible sujetarme aquí á un punto de vista morfológico. De lo que se trata especialmente, es de trazar un cuadro general de la Naturaleza, que permita abrazar el conjunto de todas las fuerzas que concurren á animarla.

Digitized by Google

PRIMERA PARTE.

MAGNITUD Y FORMA DE LA TIERRA.

OJEADA GENERAL.

Lo que todas las lenguas, aunque adoptando formas simbólicas diferentes, designan con la palabra Naturaleza, y aun puede decirse lo que todas las lenguas designan con las palabras de Naturaleza terrestre, puesto que el hombre lo refiere todo gustoso á la mansion que habita, es el resultado de un sistema de fuerzas que obran con calma y juntamente, cuya existencia conocemos solo por los cuerpos que ponen en movimiento, que componen ó descomponen, y que forman una parte de los organismos vivientes destinados á reproducirse de igual manera. El sentimiento de la naturaleza es la emocion confusa, pero generosa y fecunda, que la accion de estas fuerzas produce en el alma del hombre. El primer objeto que cautiva nuestra curiosidad, es el concepto de las dimensiones de nuestro planeta: pequeño conjunto de materia condensada, perdido en la inmensidad del Mundo. Un sistema de fuerzas obrando de acuerdo para unir ó para separar, por efecto de la actividad polar, supone la dependencia recíproca de cada una de las partes de que se compone la naturaleza, ya sea en los fenómenos elementales de la formacion inorgánica, ó en la

Digitized by Google

produccion y en la conservacion de la vida. De una parte la magnitud y la figura del esferoide terrestre, de la otra su masa, es decir, la cantidad de partes materiales de que está constituida, y que, comparada al volúmen, dá la medida de su densidad, y revela, con ciertas reservas, su constitucion interior y el grado de atraccion que ejerce, están entre sí en una subordinacion mas patente y mas fácil de calcular matemáticamente, que la subordinacion comprobada hasta aquí entre los fenómenos vitales, las corrientes de calórico, los estados terrestres del electro-magnetismo y las trasformaciones químicas. Relaciones que la complicacion de los fenómenos no ha permitido todavía formular pueden ser reales sin embargo, y llegar á ser probables por induccion.

Si en el estado actual de nuestros conocimientos, no se está todavía en condiciones de reducir á una sola y misma ley las dos especies de fuerzas atractivas : la que obra á distancias apreciables, como el peso y la gravitacion, y la que no obra sino á distancias incomensurables por su pequeñez, como la atraccion molecular ó atraccion de contacto, lo estamos, sin embargo, para creer que la capilaridad y la endosmosis, tan importante para la ascension de la savia y para la fisiología de los animales y de las plantas, no se hallan menos subordinadas al peso y su distribucion local, que los fenómenos electro-magnéticos y las trasformaciones químicas. Es preciso reconocer que si nuestro planeta, estremando las cosas, no tuviera una masa superior á la de la Luna, lo que equivale á decir que la intensidad del peso seria seis veces menor de lo que lo es en realidad, los fenómenos meteorológicos, el clima, las relaciones hipsométricas de las cadenas de montañas producidas por via de levantamiento, la fisonomía de la vegetacion, todo se encontraria completamente cambiado. La magnitud absoluta de la Tierra es importante para la economía general de

Digitized by Google

la Naturaleza solo en razon á las relaciones del volúmen, á la masa y á la rotacion: porque si las dimensiones de los planetas, sus masas, sus velocidades y sus distancias recíprocas, aumentasen ó disminuyesen segun una misma proporcion, tendríamos un mundo mayor ó menor, del que puede representarse la imaginacion, y en el cual los fenómenos que dependen de la gravitacion no esperimentarian cambio alguno (14).

Digitized by Google

MAGNITUD, FIGURA Y DENSIDAD DE LA TIERRA

(Desarrollo del Cuadro general de la Naturaleza. — Véase *Cosmos*, t. I, p. 147-155 y 588-595; notas 26-57.)

El cuerpo de la Tierra ha sido medido y pesado, por medio de su figura, de su densidad y de su masa. La precision que siempre se ha procurado en estas determinaciones terrestres ha contribuido tanto como la solucion de los problemas astronómicos al perfeccionamiento de los instrumentos de medida y al de los métodos analíticos. Una parte esencial de la medida del grado es en sí misma, además, un trabajo astronómico. Las alturas de las estrellas forman el arco de círculo cuya longitud da la resolucion de una red trigonométrica. Las matemáticas elevadas han tenido la fortuna de vencer todas las dificultades y de determinar, por datos numéricos preexistentes, la forma de la Tierra y la figura que ha tomado, al equilibrarse, la masa líquida y homogénea, ó sólida y formada de capas heterogéneas, que la compone. Despues de Newton y Huygens, los geómetras mas célebres del siglo XVIII han hecho esfuerzos para procurarse la solucion de este problema. Jamás se recordará bastante que todos los grandes descubrimientos producto de combinaciones matemáticas, realizadas por un poderoso esfuerzo de la inteligencia, toman su valor no solo del resultado adquirido de la Ciencia, sino especialmente de los recursos que esos

Digitized by Google

descubrimientos pueden suministrar al perfeccionamiento y fuerza del instrumento analítico.

La figura geométrica de la Tierra, en oposicion con su figura física, está determinada por la superficie del agua que la surcaria y la envolveria completamente, si se supone un inmenso sistema de canales en comunicacion con el Océano (15). La superficie geométrica corta perpendicularmente las direcciones de las fuerzas resultantes de todas las atracciones que parten de cada punto de la Tierra y se combinan con la fuerza centrífuga, que se halla en una relacion determinada con la velocidad de la rotacion. El conjunto del cuerpo terrestre no puede considerarse sino como aproximándose en mucho á un elipsoide de revolucion (16): porque las irregularidades que presenta la distribucion de la masa en el interior de la Tierra, produciendo cambios locales en la densidad, ocasionan tambien irregularidad en la superficie geométrica, que está indicada por la accion comun de elementos desigualmente repartidos. La superficie física de la Tierra no es otra cosa que la superficie del elemento sólido y el elemento líquido, tales como existen realmente en el límite de la corteza terrestre. En virtud de principios geológicos, es probable que las alteraciones accidentales que se operan en el interior de la Tierra, por el cambio de lugar de las masas en fusion, masas fáciles de mover á pesar de la presion que soportan, modifiquen, en períodos largos de tiempo, la misma superficie geométrica, inclinando en espacios de poca estension, los meridianos y los paralelos; por su parte, la superficie física está directamente sometida, en la region oceánica, á un cambio regular de las masas, producido por el movimiento periódico del flujo y del reflujo. La pequeñez de los efectos de la gravitacion, en las masas continentales, puede ocultar á la observacion real un cambio que sigue una progresion muy lenta. Segun los cálculos de Bessel, el aumento de un solo se-

Digitized by Google

gundo en la altura polar de un lugar implica, en el interior de la Tierra, el cambio de una masa igual á 114 millas geográficas cúbicas, suponiendo que la densidad de esta masa es igual á la densidad media de la Tierra (17). Por sorprendente que aparezca á primera vista el volúmen de esta masa fuera de su lugar, si se le compara al del Mont-Blanc, al del Chimborazo, ó al del Kintschindjinga, la sorpresa acaba desde el momento en que se recuerda que el esferoide terrestre contiene mas de 2,650 millones de esas millas cúbicas.

El problema de la figura de la Tierra, cuya relacion con el problema geológico á que ha dado lugar el antiguo estado líquido de los cuerpos planetarios, habíase ya reconocido en la gran época de Newton, de Huygens y de Hooke (18), ha sido tratado de tres maneras diferentes y con éxito desigual: por las medidas de grado, operacion geodésica y astronómica á la vez; por las esperiencias del péndulo y por las desigualdades lunares ó perturbaciones del movimiento de la Luna en longitud y en latitud. El primero de estos métodos se divide en dos procedimientos distintos: la medida de la latitud bajo un arco del meridiano y la medida de la longitud bajo diversos paralelos.

Han trascurrido ya siete años desde que coloqué en el Cuadro general de la Naturaleza el gran trabajo de Bessel acerca de las dimensiones del cuerpo terrestre; y hasta aquí no ha sido reemplazado dicho trabajo por otro mas completo, que descanse en nuevas medidas de grado. Hay que esperar, nò obstante, que se perfeccionará y recibirá importantes adiciones cuando se haya hecho pública la medida del grado que debe terminarse muy pronto en Rusia, y que comprende casi todo el espacio desde el cabo Norte al mar Negro. Las consecuencias de la operacion llevada á cabo en las Indias gozarán de mayores garantías cuando por una detenida comparacion se llegue á saber

Digitized by Google

exactamente cuál medida ha sido la usada en esta region. Segun las determinaciones que Bessel ha publicado en 1841, las dimensiones medias de nuestro planeta, obtenidas por una combinacion hecha cuidadosamente de diez medidas de grado (19), son las siguientes: el semi-eje mayor del elipsoide de revolucion, al cual se aproxima mas la figura irregular de la Tierra, es de 3 272077t,14 (6 377 398m,1); el semi-eje menor de 3 261 139t,33 (6 356 079m,9); la longitud del cuarto de círculo terrestre es de 5 131 179t,81 (1 000 857m,2; la longitud del grado medio de un meridiano de 57013t,109 (111 120m,64); la longitud de un grado paralelo por 0° de latitud, es decir, de un grado ecuatorial, de 57 108t,520 (111 306m,59); la longitud de un grado paralelo por 45° de latitud de 40 419t,371 (78 838m,18). El aplanamiento es igual á $^1/_{299,152}$, la longitud de una milla geográfica de 15 al grado ecuatorial es de 3 807t,23 (7 420m,43). El cuadro que sigue demuestra la longitud creciente de los grados de un meridiano, desde el ecuador hasta los polos, tal como la suministra la observacion, es decir, modificada por las perturbaciones de las atracciones locales.

Digitized by Google

PAISES.	LATITUD GEOGRÁFICA del medio del arco medido.	LONGITUD del arco medido.	RESULTADOS DE LA OBSERVACION. Longitud de un grado segun la latitud del medio del arco medido.	OBSERVADORES.
Suecia.	66° 20′ 10″ 66 19 37	1° 37′ 19″6 0 57 30,4	57191,58 57201,8	Svanberg. Maupertuis.
Rusia.	56 3 55,5	8 2 28.9	57137,0	Struve, Tenner.
Prusia.	54 38 26,0	1 30 29,0	57145,2	Bessel, Baeyer.
Dinamarca.	54 8 13,7	1 31 53,3	57093.1	Schumacher.
Hannover.	52 32 16.6	2 0 57,4	57126,4	Gauss.
Inglaterra.	52 55 45.0 52 2 19,4	3 57 13,1 2 50 23.5	57075,0 57071,8	Roy, Mudge, Kater.
Francia.	44 51 2.5	12 22 12,7	57012,5	Delambre, Méchain. Biot, Arago.
América setentrional. . . .	39 12 0	1 28 45,0	56889,6	Mason, Dixon.
Indias orientales.	16 8 21.5 12 32 20.8	15 57 40,7 1 34 56,4	56773,6 56759,0	Lambton, Everest. Lambton.
Reino de Quito. . . . . (Hemisferio meridional).	1 31 0,4	3 7 3,5	56864,6	La Condamine. Bouguer.
Cabo de Buena-Esperanza. (Hemisferio meridional).	33 18 30 35 43 20	1 13 17,5 3 34 34,7	57035,6 56932,5	Lacaille. Maclear.

Digitized by Google

La determinacion de la figura de la Tierra por la medida de un grado del meridiano, bajo diferentes paralelos, exige una gran precision en la indicacion de las longitudes. Ya, en 1740, Cassini de Thury y Lacaille se valian como señal para medir una perpendicular al meridiano de París, de la inflamacion de la pólvora. Despues, desde la gran triangulacion de Inglaterra, fueron determinadas las longitudes de los arcos de paralelos y las diferencias de los meridianos, de Beachy Head á Dunnose y de Douvres á Falmouth (20), con medios de ejecucion mas seguros y mayor exactitud, pero entre longitudes distantes solamente 1° 26′ y 6° 22′. La mas brillante de esas operaciones es la que ha abarcado un espacio de 15° 32′ 27″, entre el meridiano de Marennes, en la costa occidental de Francia, y el de Fiume, á través de la cadena mas occidental de los Alpes y las llanuras de Milán y de Padua. La operacion se hizo por completo bajo lo que se ha convenido en llamar el paralelo medio de 45°, por Brousseaud y Largeteau, Plana y Carlini. Las numerosas esperiencias del péndulo, ejecutadas con este motivo en la proximidad de las cadenas de montaña, han comprobado de nuevo y de una manera notable las atracciones locales, reveladas ya por la comparacion de las latitudes astronómicas con los resultados de las medidas geodésicas (21).

Además de este doble procedimiento de medida directa: la medida por el arco de meridiano y la medida por el arco de paralelo, debemos citar tambien otro modo puramente astronómico de determinar la figura de la Tierra. El principio de este método es la influencia que la Tierra ejerce sobre el movimiento de la Luna, es decir, las desigualdades de los movimientos lunares en longitud y en latitud. Laplace, primero que ha descubierto la causa de estas desigualdades, ha enseñado tambien la aplicacion que puede hacerse de ella, demostrando de una manera

Digitized by Google

muy ingeniosa la ventaja considerable que presenta este método que no pueden ofrecer las medidas de grado calculadas aisladamente ni las esperiencias del péndulo, á saber: la ventaja de determinar por un resultado sencillo y único la figura media, es decir, la forma general de la Tierra. Léese con placer, el pasaje donde el autor del descubrimiento dice en términos tan felices que un astrónomo, sin salir de su observatorio, puede reconocer en los movimientos de un cuerpo celeste la forma particular del planeta que habita (22). Despues de una últina revision de las dos desigualdades del movimiento de la Luna en longitud y en latitud, y aprovechándose de muchos miles de observaciones, debidas á Bürg, á Bouvard y á Burckardt (23), ha demostrado Laplace, por su método lunar, un aplanamiento de $^1/_{306}$, resultado muy aproximado al obtenido por las medidas de grado paralelo, que es $^1/_{299}$.

Las oscilaciones del péndulo suministran un tercer medio de determinar la figura de la Tierra, es decir, suponiendo que la Tierra tiene la forma de un elipsoide, reconocer la relacion del eje mayor con el menor medio fundado en la ley en cuya virtud la pesantez aumenta del ecuador á los polos. Ya hácia fines del siglo x, durante el brillante período de los Kalifas Abasidas (24), los astrónomos árabes, y particularmente Ebn Junis, se habian servido del péndulo para medir el tiempo. Despues de una interrupcion de 600 años, Galileo y el padre Riccioli en Bolonia pusieron en práctica el mismo método (25). Combinando un sistema de ruedas con el péndulo para regularizar la marcha del reloj, como se habia ya intentado por primera vez en 1612, en Pádua, en los imperfectos ensayos de Sanctorius, y mas tarde, en 1656, en el bello trabajo de Huygens, y comparando la marcha del reloj astronómico en Paris y Cayenne, Richer, en 1672 dió la primera prueba material de los diferentes grados de intensi-

Digitized by Google

dad del peso bajo diversas latitudes. Picard vigiló, ciertamente, los preparativos de esta importante espedicion, pero no se atribuye el mérito de la iniciativa. Richer abandonó á Paris en el mes de Octubre de 1671, y Picard, en la descripcion de la medida de grado que apareció el mismo año, habla simplemente de la hipótesis espuesta en una sesion de la Academia, por uno de sus miembros, conjetura segun la cual, en razon de la rotacion de la Tierra, las pesas del reloj se movian mas ligeramente bajo el ecuador que hácia los polos (26). Añade en términos dubitativos que, segun algunas observaciones hechas en Lóndres, en Lyon y en Bolonia, parecia que el péndulo de segundos debia acortarse, á medida que se aproximaba al ecuador, pero que, por otra parte, no tenia entera confianza en los resultados obtenidos, porque en La Haya, á pesar de la situacion mas setentrional de esta ciudad, la longitud del péndulo era la misma que en Paris. Está acreditado que Newton tuvo conocimiento de la medida del grado ejecutada por Picard, bastante tarde, pero desgraciadamente ignoramos completamente en que época le fueron revelados los resultados tan importantes para el de las esperiencias de Richer sobre el péndulo, que datan, como se ha visto, de 1672, pero que no fueron del dominio público hasta 1679; igual duda existe respecto á la fecha en que conoció Newton el descubrimiento del aplanamiento de Júpiter, hecho por Cassini anteriormente á 1666. Es de gran interés para la historia de una astronomía física, fundada en principios matemáticos, distinguir cuidadosamente las fechas, sobre todo en una época en que las miras teóricas prestaban poderoso atractivo á las observaciones, y en que por una feliz rivalidad, las observaciones influian sobre las teorías.

Las medidas directas de arcos del meridiano ó de arcos paralelos, sobre todo si nos fijamos, para la primera de esas operaciones, en la medida del grado ejecutada en Francia,

Digitized by Google

entre 44° 42′ y 47° 30′ de latitud (27), y si se comparan, para la segunda, los puntos situados al Este y Oeste de los Alpes griegos, (28), prueban ya que la forma real de la Tierra se separa sensiblemente de la forma elipsoidal geométrica. El desacuerdo entre los diversos valores del aplanamiento, que dan las diferentes longitudes del péndulo, y la distribucion de los lugares en donde estas diferencias se manifiestan, son todavía mucho mas sorprendentes. La determinacion de la figura de la Tierra po rel aumento ó disminucion del peso, es decir, por la intensidad de la atraccion local, supone que el peso ha quedado, en la superficie del esferoide terrestre, tal cual era, cuando el paso del estado líquido al estado sólido, y que despues no se ha producido cambio alguno en la densidad (29). A pesar de los perfeccionamientos llevados á los instrumentos y á los métodos por Borda, Kater y Bessel, no pueden citarse actualmente en los dos hemisferios, desde las islas Maluinas, en donde Freycinet, Duperrey y Ross, establecieron sucesivamente sus observaciones, hasta el Spitzberg, por lo tanto desde 51° 35′ de latitud austral, hasta 79° 50′ de latitud boreal, no pueden citarse, repito, mas que de 65 á 70 puntos distribuidos irregularmente, sobre los cuales la longitud del péndulo simple haya sido determinada con igual precision que la posicion de los lugares en latitud, longitud y altura sobre el nivel del mar (30).

Se ha comprobado por las esperiencias del péndulo en la parte de un arco del meridiano medido por los astrónomos franceses, así como por las observaciones del capitan Kater en la triangulacion de la Gran Bretaña, que los resultados no pueden representarse aisladamente por una variacion del peso en relacion con el cuadrado del seno de la latitud. Tambien el gobierno inglés se decidió, ante la opinion del vicepresidente de la Sociedad Real,

Digitized by Google

Gilbert, á organizar una espedicion científica cuya direccion fué confiada á mi amigo Sabine, que habia acompañado, en calidad de astrónomo, al capitan Parry en su viaje de descubrimiento al polo Norte. En 1822 y 1823. esta espedicion habia llevado á Sabine á lo largo de las costas occidentales de Africa. desde Sierra-Leona hasta la isla de Santo Tomás, próxima al ecuador; de allí subió por la isla de la Ascension hácia las costas de la América del Sud, desde Bahía hasta la embocadura del Orinoco, despues hácia las Indias occidentales y la Nueva Bretaña; penetrando, finalmente. en las regiones polares árticas, hasta Spitzberg y en una parte de la Groenlandia oriental cubierta de montañas de hielo, y que ningun navegante habia visitado todavía (lat. 74° 32′). Esta brillante empresa. realizada tan gloriosamente, tuvo la ventaja de ser dirigida hácia un objeto único, y de abarcar puntos distantes entre sí 93 grados de latitud.

El campo esplotado por los astrónomos franceses se hallaba mas apartado á la vez de la zona equinoccial y de la zona ártica; en cambio, los lugares de observacion, dispuestos en línea recta, podian compararse directamente con el arco parcial determinado por las operaciones astronómicas y geodésicas. Biot continuó, en 1826, la série de las esperiencias sobre el péndulo, desde Formentera, á los 38° 39′ 56″. en donde anteriormente habia hecho observaciones con Arago y Chaix, hasta la isla de Unst, la mas setentrional de las islas Schetland, renovando sus esperiencias en mayor escala, de acuerdo con Mathieu, bajo los paralelos de Bordeaux, de Figeac y de Pádua, hasta Fiume (31). Los resultados que obtuvo, combinados con los de Sabine, dan, para todo el cuarto de círculo del hemisferio setentrional, un aplanamiento de $^1/_{290}$; pero, si se divide el hemisferio en dos zonas se encuentra desde el ecuador hasta los 45° $^1/_{274}$, y desde los 45° hasta el polo $^1/_{306}$ (32). La mayor parte de

Digitized by Google

las esperiencias han demostrado, en ambos hemisferios, la influencia de las masas compactas de basalto, de grunstein, de diorita y de melafiro, por oposicion con las rocas específicamente mas ligeras de las formaciones terciarias y de los terrenos estratificados; ha podido apreciarse en particular el aumento del peso en las islas volcánicas (33). Hanse observado tambien, sin embargo, gran número de anomalías que no se esplicarian por lo que podemos conocer de la constitucion geológica del suelo.

Para el hemisferio meridional, contamos con una série de observaciones escelentes, aunque poco numerosas y esparcidas por vastos espacios, cuyos autores son Freycinet, Duperrey, Fallows, Lutke, Brisbane y Rumker. Esas observaciones confirman lo que es tan sorprendente en el hemisferio del Norte, que la intensidad de la pesantez varía bajo la misma latitud, y tambien que el aumento de la pesantez, del ecuador al polo, no parece seguir las mismas leyes bajo meridianos diferentes. Las esperiencias de Lacaille en el cabo de Buena-Esperanza, y las de Malaspina en el viaje de circunnavegacion que hicieronlos españoles, habian estendido la opinion de que el hemisferio del Sud está notablemente menos aplanado que el hemisferio del Norte; pero, como he dicho en otra parte (34), la comparacion de las islas Maluinas y de la Nueva-Holanda con New-York, Dunkerque y Barcelona, dieron resultados mas exactos, que han demostrado lo contrario.

De todo lo que precede resulta que el péndulo, especie de sonda arrojada á las capas invisibles de la Tierra, es sin embargo, para la figura de nuestro planeta, manantial de informaciones menos seguras que las medidas de grado y los movimientos de la Luna. Las capas concéntricas y elípticas de la Tierra, homogéneas, si se las considera aisladamente, pero que reciben de la superficie al centro, un aumento de densidad en cierta relacion con las dis-

Digitized by Google

tancias, y difieren en algunas partes por su naturaleza, su disposicion y la sucesion de las densidades, pueden producir irregularidades locales en la intensidad del peso. Si las condiciones que han dado lugar á esas irregularidades son mucho mas recientes que la solidificacion de la corteza esterior, nada impide representarse la figura de la superficie terrestre como libre de las modificaciones locales que hubiera debido causar el movimiento interior de las masas en fusion. Las diferencias de los resultados en las medidas del péndulo son por otra parte demasiado sensible para que sea permitido hoy aun atribuirlas á errores de observacion. En los lugares donde, agrupando y combinando diferentemente las estaciones, se ha podido llegar á resultados concordantes, ó cuando menos á comprobar una marcha regular, los péndulos dan siempre un aplanamiento comprendido próximamente entre $^1/_{275}$ y $^1/_{290}$, mas considerable por consiguiente que el que se deduce de las medidas de grado.

Si nos atenemos al resultado que dan las medidas de grado, el mas generalmente adoptado hoy, segun los últimos cálculos de Bessel, ó sea $^1/_{299,152}$, es preciso admitir que el hinchamiento de la Tierra llega, bajo el Ecuador, á una altura de 10,938 toesas (3272077 t — 3261139 t), ó en millas geográficas $2\,^1/_5$, y con mas exactitud 2,873 (35). Como desde hace mucho tiempo se ha tenido la costumbre de comparar ese hinchamiento con macizos de montañas cuyas dimensiones son conocidas, elegiré por punto de comparacion, la mas alta de entre todas las cimas del Himalaya medidas hasta el dia, el Kintschindjinga, de 4,406 t de altura, segun el coronel Waugh, y la parte de la meseta del Tibet, más próxima á los lagos sagrados de Rakas-Tal y de Manassarovar, que, segun los cálculos del teniente Strachey tiene 2,400 t por altura media. Por consiguiente, el hinchamiento convexo de la Tierra, bajo la

Digitized by Google

zona ecuatorial, no es de hecho triple del levantamiento de la montaña mas alta sobre el nivel del mar. Es próximamente quíntuplo del de la meseta oriental del Tibet.

Debemos observar aquí que los diferentes valores del aplanamiento, suministrados por las solas medidas de grado y por la combinacion de esas medidas con las esperiencias del péndulo, no dan, para el hinchamiento equinoccial, resultados tan diversos como podrian hacer creer las fracciones á primera vista (36). La diferencia entre $^1/_{310}$ y $^1/_{280}$, límites estremos del aplanamiento, no produce apenas entre el eje mayor y menor de la Tierra sino una diferencia de 6,600 pies, que no es el doble del Brocken ó del Vesubio, sino la décima parte próximamente del valor que da para el hinchamiento terrestre el aplanamiento representado por $^1/_{299}$.

Tan pronto como ciertas medidas de grado exactísimas, ejecutadas bajo latitudes muy diferentes, dieron á conocer que la Tierra no puede tener, en el interior, una densidad uniforme, puesto que está comprobado que el valor del aplanamiento es muy inferior á la fraccion adoptada por Newton ($^1/_{230}$), y muy superior á aquella en que se fijó Huygens ($^1/_{578}$). en la idea de que toda la atraccion se hallaba reunida en el centro de la Tierra, la relacion entre el valor del aplanamiento y la ley de la densidad en el interior del globo llegó á ser uno de los objetos importantes del cálculo analítico. Las especulaciones teóricas referentes al peso hicieron que desde luego se tuviera en cuenta la atraccion ejercida por los grandes macizos de montañas, que se levantan como escollos sobre el lecho desecado del mar atmosférico. Desde el año 1728, Newton, en su libro titulado *Treatise of the System of the World in a popular way*, trataba de averiguar cuanto haria desviar el péndulo de la direccion vertical una montaña de 2,500 pies de altura y un diámetro de 5,000. Este problema

Digitized by Google

fue probablemente el que suscitó las esperiencias poco concluyentes de Bouguer en el Chimborazo (37), las de Maskelyne y de Hutton en el monte Schehallien en el Perthshire, cerca de Blair Athol; el que dió la idea de comparar las longitudes del péndulo obtenidas por Carlini en el hospicio del monte Cenis, sobre una meseta de 6,000 pies, con las observaciones hechas por Biot y Mathieu á nivel del mar, cerca de Bordeaux; el que ha dado orígen por último á las bellas esperiencias á que se entregaron Reich y Baily, con el ingenioso instrumento de la balanza de torsion, inventada en su orígen por Mitchell, y que Wollaston trasmitió á Cavendish (38). He hablado ya detalladamente, en la descripcion general de la Naturaleza (39), de los tres métodos que pueden servir para determinar la densidad de nuestro planeta: la desviacion de la plomada, las oscilaciones del péndulo y la balanza de torsion. Solo me resta citar aquí las esperiencias á que se consagró de nuevo Reich, en 1847 y 1850, con su infatigable celo, y que ha dejado consignadas en una obra reciente (40). Pueden resumirse como sigue los resultados obtenidos hasta el dia:

Plomada.

Monte Schehallien.—Término medio entre el máximum (4,567), y el mínimum (4,559) observados por Playfair.	4,713

Péndulo.

Monte-Cenis.—Observaciones de Carlini con las correcciones de Gauss.	4,950

Balanza de torsion.

Observaciones de Cavendish, calculadas por Baily.	5,448
de Reich, 1838.	5,440
de Baily, 1842.	5,660
de Reich, 1847-1850.	5,577

El término medio de los dos últimos resultados da para la densidad de la Tierra 5,62, tomando por unidad la del agua. Esta densidad es muy superior á la de los basal-

Digitized by Google

tos mas finos y compactos, que, segun las numerosas esperiencias de Leonhard, está comprendida entre 2,95 y 3,67; escede tambien á la de las piedras de iman, que varía entre 4,9 y 5,2; es algo inferior á la del arsénico nativo de Marienberg y de Joachimsthal (41). Hemos visto en otra parte (42) que, segun la vasta estension de las capas estratificadas, de las formaciones terciarias y de los terrenos de aluvion que forman hoy la parte continental de la superficie terrestre, y entre las cuales se destacan como islas en medio de los mares, los pequeños intervalos ocupados por los levantamientos plutonianos y volcánicos, las rocas que componen la parte superior de la corteza terrestre alcanzan apenas una densidad de 2,4 á 2,6. No obstante, si se admite con Rigaud que el elemento sólido está con el elemento líquido en la relacion de 10 á 27, y si se tiene en cuenta la profundidad de las aguas, que, segun las esperiencias de la sonda, pasa de 26,000 pies, resulta que la densidad de las capas de nuestro planeta colocadas inmediatamente despues de la superficie sólida y de la superficie oceánica, es apenas de 1,5. Un célebre geómetra, Plana, observa cuán infundadamente atribuye el autor de la *Mecánica celeste* á las capas superiores de la Tierra la densidad del granito, exagerando además un poco esta densidad, que representa por 3, sin que por esto adopte para la densidad del centro de la Tierra mas de 10,047 (43). Esta densidad es, segun Plana, de 16,27, el cual no evalúa sin embargo la de las capas superiores mas que en 1,83, alejándose poco del resultado que da, para la densidad media de la corteza terrestre, 1,5 ó 1,6. El péndulo vertical, como el péndulo horizontal, llamado tambien balanza de torsion, merece el nombre de instrumento geognóstico; pero la geología de los espacios subterráneos é inaccesibles de nuestro planeta, asi como tambien la astronomía de los cuerpos celestes opacos, debe tra-

Digitized by Google

tarse con estremada circunspeccion. Me propongo además, en la parte de esta obra consagrada á los volcanes, abordar cuestiones presentadas antes que por mí por otros, acerca de las corrientes que se mueven á través de la fluidez general del interior de la Tierra; sobre la verosimilitud ó inverosimilitud del flujo y del reflujo que pueden producirse en cuencas aisladas é incompletamente ocupadas, sobre la existencia de espacios vacíos bajo las cadenas de montañas (41). En un libro que tiene por objeto representar el conjunto de la Naturaleza, no debe permitirse la omision de ninguna de las consideraciones á que pueden llevarnos las observaciones positivas y aun las analogías próximas á la verdad.

Digitized by Google

CALOR INTERNO DE LA TIERRA Y DISTRIBUCION DE ESTE CALOR.

(Desarrollo del cuadro general de la Naturaleza.—Véase *El Cosmos*, t. I, p. 155-160 y notas 37-40).

Las consideraciones sobre el calor subterráneo, cuya importancia ha crecido tanto desde que generalmente se ha reconocido el lazo que le une á los fenómenos de levantamiento y de erupcion, fúndanse en parte en las medidas directas, y por consiguiente incontestables, de la temperatura en las fuentes, los pozos horadados y las minas, y en los cálculos analíticos á que pueden dar lugar el enfriamiento progresivo de la Tierra y la consecuencia que de él ha debido resultar primitivamente para la velocidad de la rotacion y la direccion de las corrientes subterráneas de calórico (45). A su vez, la depresion polar depende del decrecimiento de la densidad en las capas concéntricas y heterogéneas que se han superpuesto unas á otras. La primera parte de estas investigaciones, la parte esperimental, la mas segura por consiguiente y á la cual debemos limitarnos aquí, no puede difundir la luz sino en un espesor insignificante de la corteza terrestre, y la segunda, la parte matemática, en razon de su naturaleza misma, proporciona resultados mas bien negativos que positivos. Ella es la que ofreciendo al espíritu la asociacion atractiva de ideas ingeniosas, ha sentado problemas que no pueden pasarse en silencio, cuando se buscan las conjeturas á que han dado materia el orígen de las fuerzas volcánicas y la reaccion

Digitized by Google

de las masas en estado de ebullicion sobre la corteza del globo (46). El mito geognóstico del Piriflegeton, con que trataba Platon de esplicar el orígen de las fuentes termales y las erupciones de los volcanes, nació de la necesidad, sentida desde luego y de un modo tan general, de asignar una causa comun á un vasto conjunto de fenómenos misteriosos (47).

En medio de las múltiples combinaciones que crean, en la superficie de la Tierra, los efectos de la insolacion y la irradiacion del calórico, entre esa variedad de rocas que, difiriendo entre sí de composicion y de densidad, conducen muy desigualmente el calor, hay motivo para sorprenderse de que las mas de las veces, siempre que hayan sido hechas las observaciones con cuidado y en favorables circunstancias, el crecimiento de la temperatura en razon de la profundidad dé, en localidades muy diferentes, resultados tan concordantes. Los pozos artesianos muy profundos son los que mas se prestan á las observaciones, especialmente cuando están llenos de aguas turbias, algo espesas por la arcilla, menos propias, por lo tanto, para formar corrientes subterráneas, y cuando en ellos no se infiltran muchas aguas estrañas, penetrando á diversas alturas por las grietas laterales. Empezaremos, pues, atendiendo á su profundidad, por los dos pozos artesianos, estimados como los mas dignos de observacion: los pozos de Grenelle y de Neu-Salzwerk, en los baños salados de Œynhausen, cerca de Minden, pudiendo garantizar la exactitud de las informaciones que siguen:

Segun Walferdin (48), autor de todo un sistema de aparatos muy ingeniosos para medir la temperatura en las profundidades de las fuentes y en las del mar, el suelo del pozo de Grenelle está á 36^m 24 sobre el nivel del mar, elevándose el agua á 33^m 33 sobre el suelo. La suma de esas dos alturas, 69^m 57, es inferior en 60 metros próxi-

Digitized by Google

mamente á la superficie inferior de la capa de asperon verde que forma la colina de Lusigny, al Sud-este de París, y cuyas filtraciones suministran probablemente las aguas del pozo de Grenelle. La abertura de sonda se halla abierta á una profundidad de 547^{m} bajo el suelo, ó 510^{m} 76 bajo el nivel del mar. La ascension total de las aguas es, pues, de 580^{m} 33, y la temperatura de la fuente de 27° 75 del termómetro centígrado (22° 2 Reaumur): de donde resulta que la temperatura se eleva 1 grado del termómetro centígrado por cada 32^{m} 3.

El orificio del pozo de Neu-Salzwerk, cerca de Rehme, está á 217 pies sobre el nivel del mar; su profundidad absoluta, á partir del punto en que se ha empezado á cavar el suelo, tiene 2,144 pies. Las aguas salinas, que brotan cargadas de gran cantidad de ácido carbónico, se hallan por consiguiente á 1,926 pies bajo el nivel del Océano; la mayor profundidad relativa quizá á que han llegado los hombres en el interior de la Tierra. La fuente de Neu-Salzwerk, conocida con el nombre de baño de Eynhausen, tiene una temperatura de 32° 8 (26° 3 Reaumur), y como el término medio de la temperatura anual es, en este sitio, algo mayor que 9°,6 (7° 7 Reaumur), puede deducirse que la temperatura aumenta 1 grado centígrado por cada 30 metros. Comparado con el pozo de Grenelle, el de Neu-Salzwerk está, absolutamente hablando, 461 pies mas profundo; penetra 354 pies mas hondo bajo el nivel del mar, y la temperatura de sus aguas es 5°,1 mas elevada (49). Un aumento de calor de 1 grado centígrado exige, en París, 7^{p} 1^{p} mas de profundidad: la progresion es por consiguiente $^{1}/_{14}$ mas lenta. He hecho notar en otra parte (50) que La Rive y Marcet comprobaron un resultado idéntico en el pozo artesiano de Bregny, cerca de Ginebra, cuya profundidad es solo de 221^{m}, por mas que esté á mas de 1,500 pies sobre el mar Mediterráneo.

Digitized by Google

Si, á esos tres pozos, cuyas profundidades son respectivamente 547,680 y 221 metros, se agrega un tercero, el de Monk Wearmouth, cerca de Newcastle, cuyas aguas llenan el fondo de una hullera, y en donde los trabajos, segun los cálculos de Philiphs, se han seguido hasta una profundidad de 156^{m} bajo el nivel del mar, hállase el notable resultado de que, en cuatro localidades tan distantes unas de otras, la profundidad correspondiente á 1 grado centígrado no varía mas que de 91 á 99 pies (51). Sin embargo, segun los medios que se emplean para medir el calor subterráneo á profundidades determinadas, no podemos lisonjearnos de hallar siempre la misma conformidad. Si se admite, además, que las aguas pluviales, que se filtran sobre las alturas y se equilibran como en sifones, pueden, en razon de la presion hidrostática que ejercen, señalar la ascension de las fuentes á mayores profundidades, y que las aguas subterráneas adquieren la temperatura de las capas con que están en contacto, sígusese de aquí que, en ciertos casos, las aguas de los pozos, en comunicacion con las aberturas verticales, deben recibir nuevo aumento de calor de profundidades desconocidas. Esta influencia, que es preciso no confundir con la conductibilidad, variable segun las rocas, puede hacerse sentir en puntos muy apartados de los pozos. Es probable que las aguas subterráneas tan pronto se muevan en espacios reducidos, como arroyos que corren por medio de barrancos, lo que es causa de queen muchos ensayos de pozos artesianos, aun muy aproximados, solo algunos lleguen á lograrse, y como llenen cuencas estensas cavadas horizontalmente, circunstancia que favorece el trabajo. Las anguilas, las conchas y los restos vegetales que se encuentran, muy rara vez por lo demás, mezclados á esas aguas, son indicio de una comunicacion entre la superficie del globo y las regiones subterráneas. Si, por las razones precedentes, las fuentes ascendentes pueden al-

Digitized by Google

guna vez ser mas calientes de lo que haria presumir la poca profundidad de los pozos, en cambio, aguas mas frias, introduciéndose por las hendiduras trasversales, logran en ocasiones hacer descender su temperatura.

Háse observado ya que los puntos situados en una misma línea vertical, á muy pequeña distancia bajo la superficie de la Tierra, sienten, en épocas muy diferentes, el máximun y el mínimun que la posicion del Sol y el cambio de estaciones producen en la temperatura atmosférica. Segun las observaciones siempre exactas de Quételet (52), las variaciones diurnas no son sensibles ya á una profundidad de 3 pies y $^1/_5$. En Bruselas, termómetros colocados á 24 pies bajo el suelo señalaron la temperatura mas elevada el 10 de Diciembre, y la mas baja el 15 de Junio. Cuando los preciosos esperimentos á que se dedicó Forbes en las cercanías de Edimburgo, sobre la conductibilidad de diferentes rocas, el máximum de calor se produjo el 8 de Enero en las combinaciones basálticas de Calton-Hil, á 23 pies de profundidad (53). Segun las esperiencias hechas por Arago durante muchos años en el jardin del Observatorio de París, en uno de ellos no tuvieron lugar sino muy pequeñas diferencias de temperatura á 28 pies bajo el suelo. A 26 pies $^1/_2$, Bravais halló, cerca de Bossekop, en el Finmarck, á los 69°58′, que la temperatura variaba aun un grado. A medida que se desciende, la diferencia entre las mas altas y las mas bajas temperaturas desaparece poco á poco. Segun Fourier, cuando la profundidad crece en proporcion aritmética, las diferencias entre las temperaturas forman una proporcion geométrica decreciente.

La profundidad de la capa de temperatura invariable depende á la vez de la altura polar, de la conductibilidad de las rocas y de la diferencia termométrica entre la estacion mas cálida y la mas fria. Bajo la latitud de París (48° 50′) es de tradicion tomar la profundidad de las cuevas del Ob-

Digitized by Google

servatorio (86 pies) y su temperatura (11°,834) como profundidad y temperatura de la capa invariable. Desde el año 1783, en que Cassini y Le Gentil colocaron en esos subterráneos, que formaban parte en otro tiempo de ciertas canteras, un termómetro de gran precision, el mercurio subió 0°,22 (54). Esta elevacion, ¿debe atribuirse á un accidente ocurrido en la escala termométrica que Arago habia rectificado en 1817, con su exactitud acostumbrada, ó proviene en realidad de un aumento de temperatura? cosa es esta que no se sabe todavía positivamente. La temperatura media del aire en París es de 10°,822. Bravais piensa que el termómetro de las cuevas del Observatorio está ya colocado bajo la capa de temperatura invariable, aunque Cassini haya creido encontrar una diferencia de 0°, 02 entre la temperatura del verano y la del invierno: cierto es que la temperatura mas elevada correspondia al invierno (55). Si se toma el término medio entre gran número de observaciones sobre el calor del suelo, recojidas entre los paralelos de Zurich (47°,22) y de Upsala (59°,51), se nota el aumento de un grado para una profundidad de 67 $^1/_2$ pies. La profundidad correspondiente á un grado de temperatura no varía, entre esos paralelos, mas que de doce á quince pies, y ni aun esta variacion se produce regularmente de Norte á Sud, porque la influencia de la latitud, imposible de negar, se combina, entre límites muy reducidos, con la influencia de la conductibilidad del suelo y las inexactitudes de las observaciones.

Segun la teoría de la distribucion del calor, la capa en que cesan de ser sensibles durante todo el año las diferencias de temperatura, está tanto menos distante de la superficie del suelo cuanto menor es el intervalo entre el máximum y el mínimum de la temperatura anual. Esta consideracion ha llevado á mi amigo Boussingault al método ingenioso y fácil de determinar la temperatura media de

Digitized by Google

las regiones tropicales con un termómetro hundido en tierra, á una profundidad de 8 á 12 pulgadas, en un sitio abrigado. De esta manera ha medido particularmente la temperatura de las regiones comprendidas entre 10° de latitud boreal y 10° de latitud austral. A horas muy diferentes, y aún en meses distintos, como lo prueban las esperiencias del coronel Hall, cerca del litoral de Choco, en Tumaco, las de Salaza en Quito, las de Boussingault en la Vega de Zupia, en Marmato y en Anserma Nuevo, en el valle de Cauca, la temperatura no ha variado en dos décimos de grado, y apenas si se ha encontrado mas diferencia entre esta temperatura y la temperatura media atmosférica, en los lugares en que la temperatura atmosférica ha sido determinada por observaciones horarias. Es particularmente notable, que esta identidad, comprobada por sondas termométricas, si pueden llamarse así esperiencias hechas á menos de un pie de profundidad, haya subsistido siempre, lo mismo en las orillas ardientes del mar del Sud, en Guayaquil y en Payta, como en un pueblecillo indio, situado en la vertiente del volcan de Puraz, á 2643^{m},2 sobre el nivel del mar, segun mis medidas barométricas. Entre las temperaturas medias de esos lugares, colocados á alturas tan desiguales, no habia menos de 14° de diferencia (56).

Creo de justicia, conceder particular atencion á dos observaciones que he hecho en las montañas del Perú y de Méjico, en minas mas altas que el vértice del pico de Tenerife, mas altas que todos los lugares á donde hasta entonces se habia llevado un termómetro. A mas de 12,000 pies sobre el nivel del mar, he encontrado el aire subterráneo 14 grados mas caliente que el aire esterior. La pequeña ciudad peruana de Micuipampa está situada, segun mis cálculos astronómicos é hipsométricos, á 6° 43′ de latitud boreal, en una altura de 1,857 toesas, al pie del Cerro de Gualgayoc, célebre por sus minas de plata; el vértice de esta montaña

Digitized by Google

pintoresca, que se levanta aisladamente como un fuerte castillo, está 240 toesas mas elevado que el suelo de la ciudad (57). A distancia de la entrada de las galerías de la Mina del Purgatorio, la temperatura del aire esterior era de 5°,7, pero en el interior de los trabajos, á una altura de 2057 toesas (12342p) sobre el nivel del mar, el termómetro señaló siempre de una manera uniforme 19°,8 : diferencia 14°,1. La roca calcárea estaba perfectamente seca y allí presentes un pequeño número de mineros. En la Mina de Guadalupe, situada á la misma altura, la temperatura del aire interior era de 14°,4, lo que reduce la diferencia á 8°,7. Las aguas que salian de galerías muy húmedas estaban á 11°,3. Es probable que la temperatura media anual de Micuipampa no esceda de 7°,5. En una de las hermosas minas de plata de Guanaxuato, en Méjico, llamada la Mina de Valenciana (58), mientras que yo hallaba para la temperatura del aire esterior, cerca del nuevo pozo de tiro, situado á 7,122 pies sobre el mar, 21°,2, el termómetro señalaba 27° en el fondo de los pozos, en las llanuras de San Bernardo, á 1,530 pies debajo de la abertura del Tiro Nuevo. Temperatura que es próximamente la media de las orillas del golfo de Méjico. A 138 pies sobre la altura del suelo de las llanuras de San Bernardo, se vé brotar de la roca trasversal un manantial á la temperatura de 29°,3. La latitud austral de la ciudad de Guanaxuato, que he determinado yo mismo, es de 21°,0′; la temperatura media cae próximamente entre 15°,8 y 16°,2. Estaria fuera de propósito aventurar aquí hipótesis acerca de las causas, puramente locales quizás, que elevan la temperatura subterránea, á alturas de 6,000 á 12,000 pies.

El suelo de hielo que se encuentra en las regiones mas setentrionales del Asia forma notable contraste con ese fenómeno. Aun cuando Gmelin y Pallas hablaran de él ha mucho tiempo, habíase puesto en duda hasta su existencia;

Digitized by Google

las hábiles investigaciones recientemente hechas por Erman, Baer y Middendorff, han permitido formar idea exacta de la estension y de la profundidad de esas capas subterráneas de hielo. Segun las descripciones de la Groenlandia por Cranz, del Spitzberg por Martens y Phipps, de las costas del mar de Caria por Sujew, y generalizando imprudentemente sus resultados, representóse toda la parte setentrional de la Siberia desprovista de vegetacion, constantemente helada en la superficie, y cubierta hasta en la llanura, de perpétua nieve. No es, como se ha supuesto, el grado 67 de latitud el que señala en el Norte del Asia, el límite estremo de la vegetacion de los grandes árboles, aunque los vientos del mar y la proximidad del golfo del Obi la impidan crecer cerca de Obdorsk. El valle de Lena produce grandes árboles hasta el paralelo 71. En las islas desiertas de la nueva Siberia, numerosos rebaños de renos y otros animales hallan donde nutrirse suficientemente (59). Los dos viajes de Middendorff á la Siberia, que revelan su espíritu de observacion, su atrevimiento y su perseverancia, se dirigieron, de 1843 á 1846, hácia el Norte, en el país de Taymir, hasta los 75°,45′ de latitud; al Sud-Este, hasta la corriente superior del Amor y el mar de Okhotsk. La primera de esas peligrosas espediciones habia llevado al sábio viajero á una region completamente inesplorada hasta entonces, y que ofrecia gran interés por estar á igual distancia de las costas orientales y occidentales del antiguo continente. En el programa dispuesto por la Academia de Ciencias de San Petersburgo, la medida exacta de la temperatura del suelo y del espesor de las capas subterráneas de hielo ocupaba el primer lugar, con la distribucion de los organismos, considerada sobre todo como consecuencia de las condiciones climatológicas. Las esperiencias se instituyeron en agujeros de sonda y pozos de 20 á 57 pies de profundidad, en mas de doce puntos distintos, particu-

Digitized by Google

larmente en Turuchansk, en el Jenisei y en Lena, á distancias relativas de 400 ó 500 millas geográficas.

De estas observaciones, las mas importantes fueron hechas en el pozo de Schergin, situado en Iakutsk, á 62°,2' de latitud (60). Habia sido preciso romper, para sondearlo, una capa subterránea de hielo de 358 pies de espesor. El trabajo se terminó en 1837. Dispusiéronse termómetros á lo largo de las paredes, en once puntos colocados unos debajo de otros, desde la boca hasta el fondo del pozo.

La série de las observaciones, cuyos errores no están evaluados por término medio mas que en 0°,25, abarca el intervalo que media desde el mes de Abril de 1844 al mes de Junio de 1846. Si se consideran los resultados parciales, la disminucion del frio no es proporcional á la profundidad, pero, en suma, la temperatura se eleva mas y mas, como puede verse por el cuadro siguiente:

PROFUNDIDAD.		TEMPERATURA.
50 pies ingleses.	—	6°61 Reamur.
100	—	5°22
150	—	4°64
200	—	3°88
250	—	3°34
382	—	2°10

Despues de una discusion muy profunda de todas las observaciones, Middendorff adopta por término medio, como correspondiente á una elevacion termométrica de 1 grado centígrado, una profundidad de 100 á 117 pies ingleses, (61). Este resultado acredita, en el pozo de Schergin, un aumento de temperatura mas rápido que el dado, en la Europa central, por muchos pozos artesianos perfectamente correspondientes entre sí (62). La diferencia está comprendida entre $^1/_4$ y $^1/_8$. Háse comprobado que la temperatura

Digitized by Google

media anual de Iakutsk es de — 10°,15 del termómetro centígrado (— 8°,13 Reaumur). Segun las observaciones llevadas á cabo durante quince años, de 1829 á 1844, por Newerow, la temperatura del verano y del invierno contrastan de tal manera que algunas veces, en el mes de Julio y de Agosto, la temperatura del aire se eleva en quince dias consecutivos hasta 25° y aun hasta 29°,3 del termómetro centígrado (20°, y 23°,4 Reamur), mientras que, en invierno, durante los cuatro meses de Noviembre, Diciembre, Enero y Febrero, el termómetro varía de 41°,2 á 55°,9 centígrado (33° y 44°,8 Reamur) bajo cero. Puede determinarse, guiándose por el crecimiento de la temperatura comprobado en la operacion del aforamiento, á qué profundidad se encuentra la capa de hielo mas próxima á 0°, en otros términos; cuál es el límite inferior del hielo subterráneo. Segun los cálculos de Middendorff, completamente en armonía con los que Erman habia hecho con mucha anterioridad, es preciso ir á buscar este límite á una profundidad de 612 á 642 pies. Por otra parte, la elevacion de temperatura observada en los pozos de Mangan, de Schilow y de Dawidow, colocados en medio de las colinas que costean la orilla izquierda de Lena, á una milla todo lo mas de Iakutsk, autorizaria á creer que la capa normal de 0° se encuentra á 300 pies del suelo, y aun quizás á menor profundidad (63). Cierto es que esos pozos no han alcanzado todavía una profundidad de 60 pies. ¿Debe deducirse de aquí que esta desigualdad de nivel es solo aparente, porque una determinacion numérica, calculada á profundidad de tan poca importancia, no presenta garantía alguna, y que, por otra parte, el crecimiento de la temperatura no está sometido siempre á la misma ley? Segun esto seria posible dudar de que si, por la estremidad del pozo de Schergin, se hiciese pasar un plano horizontal en una estension de muchos cientos de toesas, este plano cortase en todas

Digitized by Google

direcciones las capas subterráneas de hielo, y que esas capas estuvieran todas igualmente á la temperatura de 2°,5 bajo cero.

Schrenk ha examinado el hielo subterráneo en el pais de los Samoyedas, á los 67°,5 de latitud. En Pustojenskoy Gorodok, el aforamiento del pozo se precipitó por medio del fuego. En verano, háse encontrado la capa de hielo á 5 pies de profundidad, y habíasela seguido hasta 63 pies cuando se destruyó repentinamente el trabajo. A poca distancia de allí, en las costas de Ustje, pudo correrse en narria por el verano de 1813 (64). Durante mi viaje á la Siberia, con Ehrenberg y Rose, hicimos cavar el suelo en el Ural, cerca de Bogoslowsk (lat. 59° 44'), en el camino que conduce á los pozos de Turjin (65). El suelo era hornaguero; á 5 pies de profundidad halláronse ya tímpanos de hielo mezclados como brechas á la tierra helada; despues empezaba una capa compacta de hielo cuyo término no habia podido hallarse aun á 10 pies.

Segun Middendorff, que ha generalizado de una manera muy ingeniosa los resultados de la observacion, para determinar la estension geográfica del suelo de hielo, es decir, la circunscripcion en que se encuentra, á una cierta profundidad, hielo y tierra helada, desde las regiones mas setentrionales de la Escandinavia hasta las costas orientales del Asia, deben tenerse en cuenta las influencias locales todavía mas que la temperatura del aire. Puede decirse de un modo general que la influencia atmosférica es la mas sensible de todas; sin embargo, como observa Kupffer, las curvaturas convexas ó cóncavas de las líneas isogeo-térmicas no son paralelas á las líneas isotérmicas que señalan las temperaturas medias de la atmósfera. Los vapores del aire que se precipitan en el suelo y penetran en el interior, la ascension de las fuentes de aguas calientes, la mayor ó menor conductibilidad del suelo, son cir-

Digitized by Google

cunstancias particularmente determinantes (66). Léese en el libro de Middendorff: «En la estremidad mas setentrional del continente europeo, en el Finmark, á los 70 y 71° de latitud, no hay aun suelo de hielo contínuo; pero hácia el Este, entrando en el valle del Obi, se encuentra un verdadero suelo de hielo en Obdorsk y en Beresow, 5 grados al Sud del cabo Norte. Hácia el Este y Sud-Este, el suelo es menos frio, á escepcion de Tobolsk sobre el Irtisch, en donde la temperatura del suelo es mas fria que en Witimsk, un grado mas aproximado al Norte. El suelo de Turuchansk sobre el Jenisei, á los 65° 54′, no está helado, pero toca en el límite de las capas de hielo. En Amginsk, al Sud-Este de Iakutsk, el suelo es tan frio como en Obdorsk, situado 5° mas lejos hácia el polo. Lo mismo sucede en Oleminsk sobre el Jenisei. Desde el Obi al Jenisei, la curva que señala el límite del suelo de hielo parece subir 2° hácia el Norte, para inclinarse de nuevo hácia el Mediodía, y atravesar el valle de Lena, 8° mas meridional que el Jenisei. Mas lejos aun hácia el Este, la línea vuelve á tomar la direccion del Norte (67).» Kupffer, que ha visitado los pozos de Nertschinsk, da á entender que, independientemente de la masa de hielo que forma por decirlo así un continente hácia el Norte, debe presentarse el mismo fenómeno, bajo la forma de islas, en regiones mas meridionales. En general, esta línea isogeo-térmica es independiente de las que marcan el límite de los grandes árboles y de la vegetacion.

Es un punto importante para la física del globo, haber llegado gradualmente á abarcar, bajo una ojeada general y cosmológica, todas las relaciones de temperatura que puede presentar la corteza terrestre, en la parte setentrional del antiguo continente, y haber reconocido que, bajo meridianos diferentes, el límite del suelo de hielo pasa por latitudes muy diversas, lo mismo que la línea de igual

Digitized by Google

temperatura anual, y la del crecimiento de los árboles, lo cual debe mantener en el interior de la Tierra perpétuas corrientes de calórico. En la parte Nor-Oeste de la América, en el mes de Agosto, Franklin encontró el suelo helado á una profundidad de 16 pulgadas. En un punto de las costas mas próximo al Este, á 71° 12′ de latitud, Richardson vió, en el mes de Julio, la capa de hielo fundida hasta tres pies debajo de un suelo cubierto de vegetacion. ¡Puedan pronto iluminarnos sábios viajeros acerca del conjunto de las relaciones que presenta el calor subterráneo en ambos hemisferios! Las miras generales, abarcando el encadenamiento de los fenómenos, son la senda mas segura para descubrir las causas de esas anomalías misteriosas llamadas con sobrada precipitacion infracciones de las leyes de la Naturaleza.

Digitized by Google

ACTIVIDAD MAGNÉTICA DEL CUERPO TERRESTRE CONSIDERADA EN SU TRIPLE MODO DE ACCION: LA INTENSIDAD, LA INCLINACION Y LA DECLINACION.—PUNTOS EN LOS CUALES LA INCLINACION ES IGUAL Á 90° (POLOS MAGNÉTICOS).—CURVA DE LOS PUNTOS DONDE NO SE OBSERVA INCLINACION ALGUNA.—(ECUADOR MAGNÉTICO).—CUATRO PUNTOS DE LA MAYOR INTENSIDAD, AUNQUE DE INTENSIDAD DESIGUAL.—CURVA DE LA MENOR INTENSIDAD.—PERTURBACIONES ESTRAORDINARIAS DE LA DECLINACION (TEMPESTADES MAGNÉTICAS); LUZ POLAR.

(*Desarrollo del Cuadro general de la Naturaleza.*—Véase *Cosmos*, t. I, p. 160-181 y 394-407, notas 41-79; t. II, p. 522-527 y 475-476, notas 69-74.

No puede conocerse la constitucion magnética de nuestro planeta sino de una manera indirecta, por las manifestaciones de la fuerza terrestre, y á condicion de que revelen relaciones apreciables en el espacio ó en el tiempo. La fuerza magnética de la Tierra se señala por efectos incesantemente variables; bajo este punto de vista no pueden compararse á ella, ni la temperatura, ni las acumulaciones de vapores, ni la tension eléctrica de las capas inferiores de la atmósfera. Esta perpétua instabilidad en los estados magnéticos y eléctricos de la materia, tan íntimamente unidos entre sí, distingue muy esencialmente los fenómenos del electro-magnetismo de los que produce á distancias siempre iguales, la fuerza elemental de la materia, á saber, la atraccion de las masas y la atraccion

Digitized by Google

molecular. Ahora bien, la investígacion del elemento regular en los fenómenos variables es el primer objeto á que debe atenderse al estudiar las fuerzas de la Naturaleza. Si los trabajos de Coulomb y de Arago han probado que la actividad electro-magnética puede desarrollarse en las sustancias mas diversas, Faraday ha demostrado, con su brillante descubrimiento del diamagnetismo, la influencia, completamente estraña á la gravitacion, de la heterogeneidad de las sustancias, en las diferencias de los dos ejes que se dirigen de Norte á Sud, y de Este á Oeste. Bajo la accion de un iman, el oxígeno encerrado en un tubo de delgado cristal se mueve paramagnéticamente, como el hierro, es decir, de Norte á Sud. El azoe, el hidrógeno y el ácido carbónico permanecen inmóviles. El fósforo toma la direccion diamagnética, es decir, paralela al ecuador, lo mismo que el cobre y la madera.

En la antigüedad griega ó romana, se conocia la adhesion del hierro al iman; la atraccion y la repulsion; la propagacion de la fuerza atractiva á través de los vasos de bronce y de los eslabones de las cadenas, siempre que uno de los anillos esté en contacto con el iman (68); y por último, la falta de afinidad para el iman de la madera, y de los demás metales distintos al hierro. Respecto de la propiedad directriz que el iman puede trasmitir á los cuerpos movibles, sensibles á su influencia, nada se sabia en los pueblos occidentales, Fenicios y Etruscos, asi como tampoco entre los Griegos y Romanos. Hasta los siglos XI y XII, no vemos estendido entre las naciones del Occidente el conocimiento de la virtud que ha contribuido de una manera tan poderosa á los progresos de la navegacion, y que despues, en razon á los servicios materiales que podia prestar, ha interesado constantemente al espíritu en el estudio de una fuerza natural esparcida sobre toda la Tierra, y sin embargo, tan poco observada hasta

Digitized by Google

entonces. Al enumerar las fases principales que merecen indicarse en la historia de la Contemplacion del Mundo, hemos tenido ya ocasion de dar á conocer algunos detalles que reunimos aquí en una sola ojeada (69).

Entre los Chinos, la propiedad inherente al iman de señalar el Norte y el Mediodía se halla aplicada, por medio de una aguja imantada nadando sobre el agua, en un tiempo que precede quizás á la invasion dórica y á la vuelta de los Heráclidas al Peloponeso. Pero es digno de observarse que, en las naciones orientales del Asia, la aguja imantada se usó en los viajes por tierra antes de utilizarla en la navegacion. En la parte anterior de los carros magnéticos, una aguja, nadando libremente sobre el agua, hacia mover el brazo de una pequeña figura que señalaba el Sud. Uno de esos aparatos llamados Fse-nan (indicadores del Sud) fué dado como presente 1100 años antes de nuestra era, bajo la dinastía de los Tscheu, á embajadores del Tunkin y de la Cochinchina que tenian que atravesar estensas llanuras para regresar á su pais. Los carros magnéticos se usaban todavía en el siglo xv despues de Jesucristo (70). Conservábanse muchos en el palacio del emperador, que servian para orientar las caras del edificio, cuando se construian claustros budistas. La frecuente aplicacion de la aguja imantada trajo poco á poco á los mas ilustrados de entre los Chinos, á consideraciones físicas sobre la naturaleza de los fenómenos magnéticos. El autor chino de un Elogio del iman, Kuofo, que vivia en la época de Constantino, compara la fuerza atractiva del iman con la del ámbar frotado. «Parece, dice, que una ráfaga de viento atraviesa misteriosamente esas dos sustancias, y se comunica con la rapidez de la flecha.» Esa ráfaga simbólica recuerda el alma no menos simbólica que el fundador de la escuela jónica, Tales, atribuia á las dos sustancias atractivas (71). Es evidente que, por alma, es preciso entender

Digitized by Google

aquí el principio interior de la actividad y del movimiento.

Como, en razon de la escesiva movilidad de sus agujas nadantes ó brújulas acuáticas, los Chinos podian difícilmente medir sus indicaciones, á principios del siglo XII despues de Jesucristo, fueron reemplazadas por agujas que se movian libremente en el aire, aunque suspendidas de un hilo de algodon ó de seda muy tirante, segun el procedimiento llamado hoy suspension á lo Coulomb, y que usó primero que nadie Gilbert en la Europa occidental. Los Chinos empezaron en la misma época á determinar con este mismo aparato perfeccionado, la declinacion occidental que, en esta parte del Asia, parece esperimentar solo variaciones lentas y casi insensibles (72). Pero mucho tiempo antes la brújula, que únicamente habia servido al principio para los viajes de tierra, se aprovechó para la navegacion. Bajo la misma dinastía de los Tsin, en el siglo IV de nuestra era, juncos chinos guiados por la brújula visitaron los puertos de la India y las costas orientales del Africa. Ya doscientos años antes, bajo el reinado de Marco-Aurelio Antonino; llamado Án-Tun por los historiadores chinos de la dinastía de los Han, diputados romanos habian llegado por agua al reino de Tunkin, y de allí á China. Pero no era esta relacion pasajera la que podia hacer que entrase la brújula en la práctica de la navegacion europea; debíase esperar á que el uso se hiciera general en todo el Océano Indico, en las costas de la Persia y de la Arabia, y esto no sucedió hasta el siglo XII. Rigorosamente no se sabe si la importacion de la brújula proviene de la influencia directa de los Arabes ó de los cruzados que, desde el año 1096, comerciaron con el Egipto y el Oriente propiamente dicho. En las investigaciones cronológicas de este género, apenas si se puede pretender determinar con certeza el límite estremo á partir del cual se han realizado los hechos. La sátira política de Guyot de Provins (1199) cita la brújula como ins-

Digitized by Google

trumento conocido de muy antiguo en el mundo cristiano. Tambien se habla de ella en la descripcion de la Palestina del obispo de Tolemaida, Santiago de Vitry, que debió terminarse en 1204 y 1215. Dirigidos por la brújula fué como los catalanes navegaron hácia las islas del norte de la Escocia, los vascos iban á pescar la ballena en las costas occidentales del Africa tropical, y los Normandos visitaron las Azores, y las islas Bracir de Picigano. Las *Leyes de las Partidas del sábio Rey don Alonso el nono*, que datan de la primera mitad del siglo XIII, celebran la aguja como el intermediario fiel entre la piedra iman y la estrella polar. Gilbert, en su notable obra *de Magnete Physiologia nova*, reconoce que la brújula es una invencion china, pero añade imprudentemente que fué importada á Italia por Marco Polo, «qui apud Chinas artem pyxidis didicit.» Ahora bien, Marco Polo no empezó hasta 1271 los viajes que terminó en 1295, y los testimónios de Guyot de Provins y de Santiago de Vitry prueban que se navegó con la brújula en los mares de Europa 60 ó 70 años antes de su partida. Los nombres de Zohron y de Aphron que Beauvais (1224) da á las dos estremidades de la aguja imantada, en su *Espejo de la Naturaleza*, suponen la intervencion de pilotos árabes que debieron importar á Europa la brújula china. Todavía volvemos á encontrar aquí á esos pueblos laboriosos y sábios de la península arábiga, cuya lengua está con frecuencia muy desfigurada en nuestros mapas del Cielo.

Segun lo que acabo de recordar, no puede haber duda alguna de que la aplicacion de la aguja imantada á la navegacion europea proceda de la cuenca del mar Mediterráneo, en un tiempo que no es posterior al siglo XII, y aun de que los primeros ensayos son anteriores á esta fecha. Los pueblos que tuvieron la mayor parte en esta novedad, fueron los pilotos moriscos, los Genoveses, los Venecianos, los Mallorquines y los Catalanes. En 1346, los Catalanes, con-

Digitized by Google

ducidos por su célebre navegante, don Jaime Ferrer, habian llegado, en la costa occidental del Africa, hasta la embocadura del Rio de Ouro, á 23° 40′ de latitud boreal, y segun el testimonio de Raimundo Lulio, en su libro titulado *Fenix de las Maravilles del Orbe* (1286), los habitantes de Barcelona se servian ya mucho antes de Jaime Ferrer de mapas marinos, astrolabios y brujulas.

El conocimiento de la declinacion magnética que los navegantes indios, malayos y árabes, habian adquirido simultáneamente de la China y que se llamó en un principio simplemente *variacion*, sin especificar nada, se estendió tambien naturalmente por la cuenca del mar Mediterráneo. Este elemento tan indispensable para la correccion de los cálculos náuticos estaba entonces determinado menos por la salida y postura del Sol que por la estrella polar, y siempre de una manera muy incierta. Indicábase ya sin embargo en los mapas marinos, y particularmente en el mapa tan estraordinario de Andrea Bianco, que fué trazado el año 1436. Colon que, en un principio, no tenia como Sebastian Cabot, conocimiento de la declinacion magnética, prestó no obstante á la ciencia el 13 de Setiembre de 1492, el servicio de determinar una línea sin declinacion magnética situada dos grados y medio al Este de la isla Corvo, una de las Azores. Al penetrar en la parte occidental del Océano Atlántico, se apercibió de que la *variacion* pasaba insensiblemente del Nor-Este al Nor-Oeste. Esta observacion le inspiró la idea que tanto ha preocupado despues á los navegantes, de encontrar la longitud por medio de las curbas de *variaciones*, que suponia tambien paralelas al meridiano. En su Diario de bordo se ve que en su segundo viaje, en 1496, dudando del sitio donde se encontraba, trató efectivamente de orientarse por las observaciones de declinacion. El método indicado por Colon era, á no dudarlo, el secreto infalible que Sebastian Cabot, en su lecho de

Digitized by Google

muerte, se vanagloriaba de poseer por revelacion divina.

A la línea sin declinacion se referian, en la aventurera imaginacion de Colon, otras miras algo quiméricas sobre los cambios de clima, sobre la forma anormal de la Tierra y los movimientos irregulares de los cuerpos celestes. Esto fué lo que le determinó á cambiar una línea física de demarcacion en una línea política. La raya sobre la cual se vuelven las agujas de marear hácia la estrella polar llegó á ser así el límite de las posesiones portuguesas y españolas; pero era necesario fijar de una manera precisa, por los métodos astronómicos, la longitud geográfica de esta línea de demarcacion, y seguirla en ambos hemisferios, sobre toda la superficie terrestre. Así, un abuso de la autoridad papal tuvo para el desarrollo de la navegacion y el perfeccionamiento de los instrumentos magnéticos, las consecuencias mas imprevistas y felices (73). Felipe Guillen de Sevilla (1525), y probablemente antes de él el cosmógrafo Alonso de Santa Cruz, que habia dado lecciones de matemáticas al jóven emperador Cárlos V, construyeron nuevas brújulas de *variacion*, con las cuales se podian medir las alturas del Sol. Alonso de Santa Cruz dibujó, en 1530, por lo tanto siglo y medio antes que Halley, el primer mapa general de las *variaciones*, trazado verdaderamente con materiales muy incompletos. Puede juzgarse de la curiosidad que escitó el magnetismo terrestre en el siglo XVI, despues de la muerte de Colon, y las discusiones á que dió lugar la línea de demarcacion papal, por el viaje de Juan Jaime, que, en 1585, fué de las Filipinas á Acapulco con Francisco Gali, con el único objeto de probar, durante una larga travesía por el mar del Sud, un nuevo instrumento de declinacion inventado por él.

Con la tendencia á la observacion se manifestó el gusto por las especulaciones teóricas, que siempre la acompañan y aun la preceden con frecuencia. Entre los Indios y entre

Digitized by Google

los Arabes, gran número de tradiciones marítimas hablan de islas cubiertas de rocas funestas para los navegantes, porque su poder magnético atraia hácia ellas el hierro que servia para unir la armadura del navío, ó hacian que éste permaneciera inmóvil. Bajo la influencia de esas fantasías, se pensó en un principio en representar el punto en donde debian reunirse todas las líneas de declinacion magnética, por la imágen material de una montaña de iman, próxima al polo terrestre. En el mapa del nuevo Continente que acompaña á la edicion de la geografía de Tolomeo publicada en Roma, en 1508, el polo Norte magnético está figurado por una isla montañosa, situada al Norte de la Groenlandia (Gruentlant), que á su vez se halla indicada como una dependencia del Asia oriental. El polo Norte magnético se acerca insensiblemente al Mediodía, en el *Breve Compendio de la Esfera* de Martin Cortés (1545) y en la *Geografía de Tolomeo* de Livio Sanuto (1588). Este punto, al cual se designaba con el nombre de *el Calamitico*, merecia una gran atencion de los que pretendian llegar á él. Habia la conviccion de que no se podia ver el polo magnético sin presenciar *alcun miraculoso stupendo effetto*, y fué preciso mucho tiempo para triunfar de esta supersticion.

Hasta cerca de fines del siglo XVI, la atencion se habia fijado esclusivamente en el fenómeno de la declinacion, que es en efecto de la mayor importancia para los cálculos de bordo y la determinacion del lugar marítimo. En vez de una línea única sin declinacion, descubierta por Colon en 1492, el sábio jesuita Acosta que, en 1589, habia recibido lecciones de pilotos portugueses, creia poder trazar, en su escelente *Historia natural de las Indias*, cuatro líneas sin declinacion, que debian dividir toda la superficie de la Tierra. Como los cálculos de bordo exigen, además de la indicacion precisa de la direccion, es decir, además de la medida del ángulo tomada con la brújula rectificada, la longitnd del

Digitized by Google

camino recorrido, la introduccion de la corredera, por imperfectas que sean aun hoy las indicaciones de este aparato, marca sin embargo una época importante en la historia de la navegacion. Creo haber probado en otra parte (74), en oposicion á la opinion dominante, que la primera señal cierta de la aplicacion de la corredera (la cadena de la popa) está en el Diario de Viaje que Pigaffeta escribió durante la travesía de Magallanes, en el mes de Junio de 1521. Ni Colon, ni Juan de Cosa, ni Sebastian Cabot, ni Vasco de Gama, tuvieron conocimiento de la corredera: evaluaban á simple vista la velocidad del navío, y median la longitud del camino recorrido por medio de ampolletas. Por último, despues de no haber contado durante mucho tiempo mas que con la declinacion, es decir, con la distancia angular de la aguja horizontal al polo Norte geográfico, se decidió la medida de otro elemento de la fuerza magnética, la inclinacion. Normann determinó, en Lóndres, esta propiedad de la aguja imantada, por medio de un inclinatorium inventado por el mismo, y con bastante precision. Era preciso esperar aun dos siglos para que se tratara de medir el tercer elemento del magnetismo terrestre, á saber, la intensidad misma de esta fuerza.

Un hombre admirado por Galileo, y cuyos servicios desconoció Bacon completamente, Gilbert, habia trazado, á fines del siglo XVI el primer bosquejo grandioso del magnetismo terrestre (75). Antes que nadie distinguió claramente por sus efectos el magnetismo y la electricidad, aunque consideró á ambos como emanaciones de una fuerza única inherente á la materia, como materia. Pequeñas analogías bastaron para hacer nacer en él felices presentimientos, propios del genio. Guiado por esta conviccion clara del magnetismo terrestre (de magno magnete tellure), reconoció desde luego que la formacion de los polos en las barras de hierro verticales que forman los montantes de las cruces

Digitized by Google

sobre las viejas medias naranjas de las iglesias, es un efecto de la fuerza terrestre. Fué el primero que enseñó en Europa á comunicar la virtud magnética al hierro por el frote de un iman, cosa que sabian hacer los Chinos verdaderamente hacia ya cerca de cinco siglos (76). Desde aquel momento tambien Gilbert dió la preferencia al acero sobre el hierro dulce, como pudiendo asimilarse de una manera mas duradera las propiedades magnéticas.

Durante el siglo XVII, la navegacion que, entre los Holandeses, los Ingleses, los Españoles y los Franceses, habia tomado ya una inmensa estension, debida al perfeccionamiento de la brújula y á la determinacion mas exacta de las longitudes, recibió todavía un nuevo desarrollo, por el conocimiento de las líneas de declinacion, que el jesuita Acosta, segun acaba de verse, habia tratado de combinar en sistema (77). Hácia el año 1616, Schouten señaló, en medio del mar del Sud, al Este de las islas Marquesas, puntos sobre los cuales la variacion es nula. En esta region tambien está colocado hoy el notable sistema isogónico, cerrado sobre sí mismo, en el que cada grupo de curvas concéntricas presenta una declinacion menor que el grupo que le envuelve (78). El deseo de determinar las longitudes, no solo por la declinacion, si que tambien por la inclinacion magnética, en un cielo cubierto y falto de estrellas, resultado tan importante que no tenia precio, decia Wright (79), trajo la construccion de gran número de aparatos magnéticos, y escitó una viva emulacion entre los observadores. El jesuita Cabeus de Ferrara, Ridley, Lieutaud (1668) y Bond (1676), se distinguieron en este camino. La discusion que se empeñó entre Bond y Beckborrow no dejó quizás de influir, como las cuatro líneas sin declinacion, en la teoría de Halley, concebida desde el año 1683, segun la cual existen cuatro polos ó puntos de convergencias magnéticas.

Digitized by Google

Halley señala una época importante en la historia del magnetismo terrestre. Admitia para cada hemisferio dos polos, uno mas fuerte y mas débil el otro, en total cuatro puntos donde la inclinacion de la aguja imantada iguala á 90°, lo mismo que hoy, sobre cada hemisferio, se comprueba, entre los cuatro puntos de la mayor intensidad magnética, una diferencia en el máximum de intensidad, es decir, en el número de las oscilaciones de la aguja colocada paralelamente á la direccion del meridiano magnético. El mas considerable de los cuatro polos de Halley se suponia situado á los 70° de latitud austral, 120° al Este de Greenwich, casi bajo el meridiano que atraviesa el King-Georges sound, en la parte de la Nueva-Holanda llamada tierra de Nuyts (80). Los tres viajes marítimos que hizo Halley en 1698, 1699 y 1702, son posteriores á la primera concepcion de una teoría que descansaba entonces únicamente en un viaje anterior á Santa Elena y en observaciones de declinaciones incompletas, debidas á Baffin, á Hudson y á Schouten. Estas son las primeras espediciones dirigidas hácia un gran objeto científico, á saber, el estudio de uno de los elementos de la fuerza terrestre necesaria para la seguridad de la navegacion, que han sido emprendidas bajo los auspicios y con la iniciativa de un gobierno. Halley adelantó hasta 52° mas allá del Ecuador, y pudo antes que nadie construir el primer mapa de las *variaciones* abarcando espacios considerables. Este mapa asegura á la ciencia teórica del siglo XIX un punto de comparacion instructivo, que, aunque algo aproximado á nosotros, permite ya probar el movimiento progresivo de las curvas de declinacion.

La idea de Halley de ligar gráficamente por líneas los puntos de igual declinacion, y de presentar así con claridad, y en una sola ojeada el conjunto de los resultados adquiridos, fue muy feliz (81). Nuestras líneas isotermas ó de igual temperatura (temperaturas medias del año, del

Digitized by Google

verano y del invierno), que desde luego fueron favorablemente acogidas por los físicos, han sido trazadas por un procedimiento análogo al de las curvas isogónicas de Halley. Su objeto es, sobre todo desde el desarrollo y perfeccionamiento que recibieron con los trabajos de Dove, hacer resaltar la distribucion del calor en la superficie de la Tierra, y el lazo de dependencia que con esta distribucion relaciona la configuracion del elemento líquido y del elemento sólido, en otros términos, con la situacion respectiva de los mares y de las masas continentales. Los viajes puramente científicos de Halley se destacan tanto mas de los que se emprendieron mas adelante á espensas de los gobiernos, cuanto que no fueron como la mayor parte de los otros, viajes de descubrimientos geográficos. Además de los hechos relativos al magnetismo terrestre, la permanencia de Halley en Santa Elena, en 1677 y 1678, produjo un catálogo importante de constelaciones meridionales, y aun puede decirse que el primer catálogo general que se conoce, desde que á ejemplo de Morin y de Gascoigne se combinaron los anteojos con los instrumentos de medida (82).

En el siglo XVII se tenia un conocimiento mas profundo de las líneas de declinacion, y hubo de intentarse por primera vez la determinacion teórica de los puntos de convergencia ó polos magnéticos; al siglo XVIII estaba reservado el descubrimiento de las variaciones horarias de la declinacion. Graham, en Lóndres, tuvo la gloria incontestable de ser el primero en observar esas variaciones horarias con precision y continuadamente (1722). En Upsala, Celsius y Cœrter dieron nuevos datos, en la correspondencia que sostuvieron con Graham (83); pero los que penetraron verdaderamente en la esencia del magnetismo terrestre fueron Brugmans, y Coulomb (1784-1788), dotado de mas sentido matemático que Brugmans. Sus ingeniosas esperiencias comprendieron la atraccion de toda especie de sustancia, la

Digitized by Google

distribucion de la fuerza magnética en una barra imantada de determinada forma, y la ley de su accion á distancia. Con el fin de obtener resultados mas exactos, se utilizaron ya oscilaciones de una aguja horizontal, suspendida de un hilo, ya la desviacion por la balanza de torsion.

La idea de estudiar las diferencias de intensidad magnética en los diversos puntos de la superficie terrestre, y de medirlos por medio de las oscilaciones de una aguja colocada verticalmente en el meridiano magnético, se debe enteramente á la penetracion de Borda. Obtuvo este resultado, no por sus esperiencias personales, sino por el razonamiento y por sus instancias perseverantes cerca de los viajeros que se preparaban á lejanas espediciones. Sus hipótesis largo tiempo maduradas se vieron confirmadas desde luego por las observaciones que Lamanon, el compañero de La Perouse, hizo desde 1785 á 1787, y que quedaron ignoradas y manuscritas mucho tiempo, aunque el secretario de la Academia de Ciencias, Condorcet, conociera los resultados desde el verano de 1787. La importante ley de la intensidad, variable con la latitud magnética, fue reconocida por vez primera en la desgraciada espedicion de La Perouse, cuyos preparativos hacian esperar tan prósperos resultados (84), aunque de una manera incompleta, y quizás me sea permitido afirmar que verdaderamente no ha recibido una existencia científica, hasta el dia en que se publicaron las observaciones que he podido hacer, desde 1798 á 1804, en la Francia meridional, en España, en las islas Canarias, en la América tropical, en el Oceano Atlántico y en el mar del Sud. En cuanto á la inclinacion, los sabios viajes de Le Gentil, Feuillée y Lacaille, el primer ensayo de un mapa de la inclinacion por Wilke (1768), los memorables viajes de circunnavegacion de Bougainville, Cook y Vancouver, han esclarecido mucho este elemento tan importante de una teoría del magnetismo tan olvidado no obstante hasta en-

Digitized by Google

tonces: sin embargo todos los instrumentos no tenian la misma precision, las observaciones no eran simultáneas y habian sido recogidas en las costas y en el mar mas bien que en el interior de los continentes. Por último, á fines del siglo XVIII, las observaciones de declinacion hechas por Cassini, Gilpin y Beaufoy, en estaciones magnéticas y con instrumentos mas perfectos (1784-1790), demostraron de una manera mas rigorosa la influencia periódica de las horas y de las estaciones. Desde esta época se dió nuevo impulso á las investigaciones magnéticas.

Esta emulacion ha tomado en la primera mitad del siglo XIX, un carácter singular. No solo ha sido casi simultáneo el progreso en todas las ramas de la teoría del magnetismo terrestre, la intensidad, la inclinacion y la declinacion, sino que se ha revelado tambien por nuevos descubrimientos sobre la produccion del magnetismo y sobre la manera de medir su distribucion, y por el primero y brillante ensayo, debido á Gauss, de una teoría del magnetismo terrestre rigorosamente fundada en el razonamiento matemático. Los medios usados para llegar á estos resultados son: el perfeccionamiento de los instrumentos y de los métodos; las espediciones marítimas emprendidas con objetos científicos, las cuales esceden á cuanto se conocia hasta aquí, por el número y grandeza, y en las que todo ha concurrido, el cuidado de los preparativos, la generosa solicitud de los gobiernos, la eleccion de los jefes, y de los observadores encargados de acompañarlos; algunos viajes terrestres por los que se ha penetrado profundamente en el interior de las regiones continentales, por último el establecimiento de gran número de estaciones fijas, estendidas en parte por ambos hemisferios, bajo latitudes correspondientes y á veces casi antípodas una de otra. Esos observatorios magnéticos y meteorológicos á la vez forman como una red en la superficie de la Tierra. Merced á una combinacion inteli-

Digitized by Google

gente de las observaciones publicadas á espensas del Estado en Rusia y en Inglaterra, se han obtenido resultados importantes é inesperados. Un punto que deberia ser el principio y no el fin de toda investigacion, á saber, el de que tal ó cual fuerza de la naturaleza obra con arreglo á una ley, ha sido ya establecido suficientemente en muchas fases distintas del magnetismo terrestre. Lo que hasta aquí ha podido descubrirse de las relaciones del magnetismo con la electricidad en movimiento, el calor radiante y la luz, lo que se sabe de los fenómenos tardiamente observados del diamagnetismo y de la propiedad específica que posee el oxígeno atmosférico de adquirir la polaridad, nos ofrece la animada perspectiva de poder mirar un dia mas de cerca la naturaleza misma de la fuerza magnética.

Con el fin de justificar el elogio que he hecho en general de los trabajos magnéticos pertenecientes á la primera parte del siglo XIX, doy aquí un cuadro sumario, tal como lo permiten la forma y asunto del *Cosmos*, de los principales esfuerzos encaminados á este objeto. Como los trabajos han nacido unos de otros, los colocaré ya segun el órden cronológico, ya por grupos (85).

1803-1806.—Viaje de Krusenstern (*Krusenstern's Reise um die Welt*, 1812, traducido al francés por Eyries, 1821). Veanse t. III, p. 217, las partes astronómica y magnética, que son obra de Horner, y no están comprendidas en la edicion francesa.

1804.—Investigacion de la ley que regula la intensidad creciente de la fuerza terrestre á partir del ecuador magnético, hácia el Norte y hácia el Sud, segun observaciones hechas desde 1799 á 1804. Véase Humboldt, *Viaje á las regiones equinocciales del nuevo Continente*, t. III, p. 615-623; *Diario de Física* de Delamétherie, t. LIX, 1804, p. 433. Acompaña á este trabajo el primer ensayo de un cuadro de la intensidad magnética; véase tambien el *Cosmos*, t. I, p. 399, nota 59. Observaciones mas recientes han probado que el mínimum de intensidad corresponde al ecuador magnético, pero que, en ambos hemisferios, la intensidad no va creciendo hasta los polos magnéticos.

1805-1806.—Gay-Lussac y Humboldt: Observaciones de intensidad en

Digitized by Google

el mediodia de Francia, en Italia, en Suiza y en Alemania. Veanse las *Memorias de la Sociedad de Arcueil*, t. I, p. 1-22: las observaciones hechas por Quetelet en 1830 y 1839, así como el mapa de la intensidad magnética horizontal entre Paris y Nápoles, que publicó en las *Memorias de la Academia de Bruselas*, t. XIV; las observaciones de Forbes en Alemania, Flandes é Italia (1832 y 1837), en las *Transactions of the royal Society of Edinburgh*, t. XV, p. 27; las observaciones estremadamente exactas de Rudberg, en Francia, en Alemania y en Suecia (1832); por último, las observaciones recogidas en 1837 y 1840 por el Dr. Bache, *director of the Coast-Survey of the United States*, en veintiuna estaciones diferentes, y que tratan á la vez de la inclinacion y la intensidad.

1806-1807.—Larga série de observaciones sobre las variaciones horarias de la declinacion y vuelta de las tempestades magnéticas, hechas en Berlin por Humboldt y Oltmanns. Esas observaciones, que se refieren preferentemente á los solsticios y los equinoccios, han sido recogidas en intervalos de 5, 6 y algunas veces de 9 dias con sus noches correspondientes, con un anteojo magnético de Prony, que permitia distinguir un arco de 7 á 8 segundos.

1812.—Morichini, en Roma, pretende que agujas de acero no imantado, se imantan al contacto de la luz violeta. Acerca de la larga discusion á que dieron lugar esta asercion y las ingeniosas esperiencias de Mary Somerville, hasta los resultados completamente negativos de Riess y de Moser, véase Brewster, *Treatise of Magnetism*, 1837, p. 48.

1815-1818 y 1823-1826.—Dos viajes de circunnavegacion emprendidos por Kotzebue: el primero en el *Rourik*, el segundo, cinco años mas tarde en el *Predprijatie*.

1817-1848.—Larga série de espediciones marítimas científicas, emprendidas bajo los auspicios del gobierno francés y que tuvieron tan felices consecuencias para los progresos del magnetismo terrestre: viajes de Freycinet en la corbeta *Uranie*, 1817-1820; de Duperrey, en la fragata *la Coquille*, 1822-1825: de Bougainville, en la fragata *Thétis*, 1824-1826; de Dumont d'Urville, en el *Astrolabe*, 1826-1829; del mismo, viaje al polo Sud, en *la Zelée*, 1837-1840; de Blosseville, viaje á las Indias, 1828 (véase Herbert, en las *Asiat. Researches*, t. XVIII, p. 4, y Humboldt, *Asia central*, t. III, p. 168); del mismo, viaje á Islandia (véase Lottin, *Viaje de la Investigacion*, 1836, p. 376-409): de Du-Petit-Thouars y de Tessan, en *la Vénus*, 1837-1839; de Le Vaillant, en *la Bonite*, 1836-1837; de la Comision científica del Norte (Lottin, Bravais, Martins, Siljestrœm), viaje á Escandinavia, Laponia, islas Feroes y Spitzberg, en la corbeta *la Recherche*, 1835-1840; de Berard, al golfo de Méjico y á la América del Norte, 1838; del mismo, al Cabo de Buena Esperanza y á Santa Elena, 1842 y 1846 (véase Sabine en las *Philosoph. Transactions* for 1849, 2.ª parte, p. 175);

Digitized by Google

de Castelnau; viaje á las regiones centrales de la América del Sud, 1847-1850.

1818-1851.—Série de atrevidas espediciones emprendidas en los mares polares árticos, bajo los auspicios del gobierno británico, y cuyo iniciador fue Barrow: observaciones magnéticas y astronómicas de Sabine, en el viaje de Ross al estrecho de Davy, en la bahia de Baffin y al estrecho de Lancastre (1818), y en el viaje de Parry á las islas de Melville, por en medio del estrecho de Barrow, en el *Hecla* y el *Griper* (1819-1820); viaje de Franklin, del Dr. Richardson y de Back (1819-1822); otro viaje de los mismos (1825-1827); viaje de Back solo (1833-1835); (un liquen, el *Gyrophora pustulata*, designado por los cazadores del canadá bajo el nombre de *tripa de roca* fue, durante muchas semanas, casi el único alimento de la tripulacion. Puede verse el análisis químico de esta planta, por Stenhouse, en las *Philos. Transact.* for 1849, 2.ª parte, p. 393); segunda espedicion de Parry con Lyon, en el *Fury* y el *Hecla* (1821-1823); tercer viaje de Parry con Clark Ross (1824-1825); cuarto viaje de Parry, tentativa hecha juntamente con los tenientes Foster y Crozier, para penetrar, en el hielo, al Norte del Spitzberg, en la cual se llegó hasta los 82° 45′ de latitud (1827); segundo viaje de Ross, en compañia de su sabio sobrino, Clark Ross, y á espensas de Booth, una de las espediciones mas largas y peligrosas (1829-1833); viaje de Deaser y de Simpson, de la Hudson's Bay Company. Es necesario citar tambien los viajes emprendidos recientemente en busca de Franklin por los capitanes Ommaney, Austin, Penny, Ross y Phillips (1850 y 1851). La espedicion que há avanzado mas hácia el Norte es la del capitan Penny, el cual penetró en el canal Victoria, en donde desemboca el canal Wellington, á 77° 6′ de latitud.

1819-1821. — Viaje de Bellinghausen por el Oceano glacial antártico.

1819.—Aparicion de la gran obra de Hansteen, *Magnetismus der Erde*, terminada ya desde 1813. Es incontestable que este libro há contribuido á realzar los estudios magnéticos y los há dado una direccion mejor. A continuacion de este bello trabajo, Hansteen ha publicado mapas generales de las curvas isodinámicas é isoclínicas en una parte considerable de la superficie terrestre.

1819.—Observaciones del almirante Roussin y de Givry en las costas del Brasil, entre las embocaduras del Marañon y de la Plata.

1819-1820.—Œrsted descubre que un conductor, atravesado por una corriente eléctrica que forma un circuito no interrumpido, ejerce, por toda la duracion de la corriente, sobre la direccion de la aguja imantada, una accion determinada dependiente de la posicion relativa de esta aguja. Este descubrimiento es, con el de los metales alcalinos y el doble modo

Digitized by Google

de polarizacion de la luz, uno de los mas brillantes del siglo XIX (86). El primer desarrollo que recibió fue la observacion de Arago de que el hilo conjuntivo de laton ó de platino, atravesado por una corriente eléctrica, atrae la limadura de hierro y la retiene como un iman; y la de que, si se colocan agujas en el interior de un hilo galvánico arrollado en hélice, hay variacion en los polos cuando se cambia la direccion de las corrientes (véanse los *Anales de Química y de Física*, t. XV, 1820, p. 93-102, y las Obras de Arago, t. IV, p. 409-418). El descubrimiento de estos fenómenos, renovados en circunstancias diferentes, fue seguido de las bellas combinaciones de Ampere respecto de los efectos electro-magnéticos que producen unas sobre otras las moléculas de los cuerpos ponderables. Esas combinaciones teóricas se vieron confirmadas por una série de aparatos nuevos é ingeniosos, y permitieron reconocer leyes en medio de los numerosos fenómenos magnéticos que frecuentemente parecian contradictorios.

1820-1824.—Viajes de Wrangel y de Anjou (*el Norte de la Siberia, Viaje entre las tribus de la Rusia asiática y al Mar Glacial*, traducido del Ruso por el príncipe Galitzin. Paris, 1843). Véanse importantes apariciones de luz polar, t. II, p. 371.

1820.—Viaje de Scoresby, *Account of the Arctic Regions*. Véanse las esperiencias sobre la intensidad, t. II, p. 537-554.

1821.—Descubrimiento del termo-magnetismo y de la electricidad térmica por Seebeck. Este sabio reconoció que el contacto de dos metales desigualmente calientes, como, por ejemplo, el bismuto y el cobre, ó las diferencias de temperatura en las diversas partes de un anillo metálico homogéneo, son un manantial de corrientes electro-magnéticas.

1822-1823.—Dos importantes espediciones de Sabine, con objeto de determinar la intensidad magnética y la longitud del péndulo, bajo diferentes latitudes. Sabine visitó las costas orientales de Africa hasta el ecuador, el Brasil, la Habana, la Groenlandia hasta 74° 23′ de latitud, la Noruega y el Spitzberg, á 79° 50′. Los resultados de esos viajes, interesantes bajo el punto de vista del magnetismo, están consignados en el libro titulado: *Account of Experiments to determine the figure of the Earth*, 1824, p. 460-509.

1822-1824.—Viaje de Weddell por el mar polar antártico hasta los 74° 15′ (*A Voyage towards the south Pole performed in the years*, 1822-24, Londres, 1825).

1824.—Observaciones magnéticas de Erikson, á lo largo de las orillas del mar Báltico.

1825.—Arago descubre el magnetismo de rotacion. Arago tuvo la primera revelacion de este descubrimiento inesperado, en la pendiente de la colina de Greenwich, notando que la proximidad de sustancias no mag-

Digitized by Google

néticas hacia mas rápidas las oscilaciones de una aguja de inclinacion. Las sustancias que obran sobre las oscilaciones de la aguja, en las esperiencias de Arago, son el agua, el hielo, el cristal, el carbon y el mercurio (87).

1825-1827.—Observaciones magnéticas de Boussingault, en diferentes partes de la América meridional, especialmente en Marmato y en Quito. Véanse los *Anales de Quimica y de Fisica*, t. XXXIV, p. 253 y 408.

1827-1828.—Observaciones acerca de la intensidad, recogidas por Keilhau en veinte estaciones, en el Finmark, en Spitzberg y en la isla de los Osos. (*Reise i ost og vest Finmarken samt til Beeren Eiland og Spitzbergen*); por Keilhau y Bœck, en la Alemania meridional y en Italia. Véanse las *Astronom. Nachrichten* de Schumacher, n.º 146.

1826-1829.—Viaje del almirante Lütke alrededor del mundo. Lo concerniente al magnetismo, en la narracion de este viaje, ha sido publicado con gran cuidado por Lenz, en 1834. La parte náutica apareció en 1836. El viaje de Lütke fue traducido del ruso al francés por Boyé. Paris, 1835.

1826-1830.—Observaciones del capitan Parker King, en las partes meridionales de las costas orientales y occidentales de la América del Sud, en el Brasil, en Montevideo, en el estrecho de Magallanes, en Chiloe y en Valparaiso, (2.ª edic., 1850).

1827-1829.—*Estado del magnetismo terrestre durante doce años* (Bruselas), por Quetelet. Observaciones de gran exactitud consignadas en una série de Memorias en 4.º

1827.—Investigaciones acerca de la intensidad relativa del magnetismo, en París y en Lóndres, por Sabine. Hansteen habia hecho en 1825 y en 1828 una comparacion análoga entre París y Cristiania (véase *Meeting of the british Association at Liverpool*, 1837, p. 19-23). Merced á esas comparaciones, las observaciones de intensidad recogidas por los viajeros en Francia, en Inglaterra y en los paises del Norte, han suministrado, sobre las oscilaciones de la aguja imantada en las tres ciudades citadas, las relaciones numéricas siguientes: para París 1,348; para Lóndres, 1,372; para Cristiania, 1,423; el primer número lo determine yo, el segundo Sabine, y el tercero Hansteen. Todos han sido calculados tomando por unidad la intensidad de un punto situado en el Ecuador magnético, es decir, en la línea sin inclinacion que atraviesa las cordilleras del Perú, entre Micuipampa y Caxamarca, á 7° 2′ de latitud y 81° 8′ de longitud occidental. La intensidad de ese punto, que yo mismo he representado por 1,000, ha servido de comun medida para las reducciones en todas las tablas de intensidad que se han trazado durante cuarenta años (véase Humboldt, *Coleccion de observaciones astronómicas*, t. II, p. 382-385, y *Viaje á las regiones equinocciales*. t. III p. 622; Gay-Lussac, en las *Memo-*

Digitized by Google

rias de la Sociedad de Arcueil, t. I, 1807, p. 21; Hansteen, *Ueber den Magnetismus der Erde*, 1819, p. 71; Sabine, en *Report of the british Association at Liverpool*, p. 43-58). Pero háse objetado recientemente con razon que la linea sin inclinacion no liga entre sí los puntos de la menor intensidad (88). Véase Sabine, en las *Philos. Transactions* for 1846, 3.ª parte, p. 254, y en el *Manual of Scient. Enquiry for the use of the British Navy*, 1849, p. 17.

1828-1829.—Viaje de Hansteen y observaciones de Due (*Magnetische Beobachtungen im Europæischen Russland und dem æstlichen Sibirien bis Irkutsk*).

1828-1830 —Erman, viaje alrededor del mundo por el Asia setentrional y los dos Océanos, en la fragata rusa *Krotkoi*. La identidad de los instrumentos y de los métodos y la precision con que han sido determinados los lugares astronómicos aseguran un renombre duradero á esta empresa, dirigida por un observador muy esperimentado y llevada á cabo á sus espensas. Vease el mapa general de la declínacion segun las observaciones de Erman, en *Report of the Committee relat. to the arctic Expedition*, 1840, lám. III.

1828-1829.—Humboldt prosiguió, en una casa magnética construida espresamente en Berlin, y con una brújula de Gambey, las observaciones acerca de las variaciones horarias y las épocas de las grandes perturbaciones magnéticas, que empezára en 1800 y en 1807, durante los solsticios y los equinoccios. Medidas correspondientes, tomadas en San Petersburgo, en Nicolaeïff y en las minas de Freiberg, á 216 pies bajo la superficie del suelo. Esas últimas medidas se deben al profesor Reich. Dove y Riess continuaron hasta el mes de Noviembre de 1830 las observaciones acerca de la declinacion y la intensidad de la fuerza magnética horizontal. Véanse los *Anales* de Poggendorff, t. XV, p. 318-336 t. XIX, p. 375-391 (con 16 tablas); t. XX, p. 545-555.

1829-1834.—Magnifica série de observaciones sobre la declinacion y la intensidad, hechas á lo largo de las costas Nor-Oeste de la América y en las islas Sandwich, hasta el borde del cráter de Kiraueah, por el botánico Douglas, que murió en Owhyhée, cayendo en un pozo á donde ya se habia precipitado un toro salvaje. Véase Sabine, *Meetting a Liverpool*, p. 27-32.

1829.—Kupffer, Viaje al monte Elbruz en el Cáucaso (*Narracion hecha á la Academia de Ciencias de un viaje á los alrededores del monte Elbruz*, en 4.º, p. 68 y 115.

1829.—Humboldt, observaciones sobre el magnetismo terrestre, recogidas simultáneamente con determinaciones de lugares astronómicos, durante un viaje ejecutado por órden del emperador Nicolás al Asia setentrional, entre 11° 3′ y 80° 12′ de longitud Este del meridiano de Pa-

Digitized by Google

ris, es decir, hasta cerca del lago Dzaisan, y entre 45° 43' y 58° 52' de latitud; en otros términos, desde la isla Birutschicassa, en el mar Caspio, hasta Werchoturia, en la parte setentrional del Ural. Véase el *Asia Central*, t. III, p. 440-478.

1829.—La Academia imperial de Ciencias de San Petersburgo aprueba la proposicion hecha por Humboldt para la fundacion de estaciones magnéticas y meteorológicas en las mas diferentes zonas de la Rusia Europea y de la Rusia Asiática, y para construir en la capital del Imperio un observatorio físico central, bajo la activa y sábia direccion del profesor Kupffer. Véase el *Cosmos*, t. I, p. 401, nota 66 y siguientes, y Kupffer, *Memoria dirigida á la Academia de San Petersburgo, relativa al Observatorio Físico central, fundado por el cuerpo de Minas*, en las *Astronomische Nachrichten* de Schumacher, n.° 726; véanse tambien los *Anales magnèticos*, p. XI. Gracias á la simpatía constante del ministro de Hacienda, conde de Cancrin, por todas las grandes empresas científicas, pudo darse comienzo, desde el año 1832, á observaciones correspondientes y simultáneas entre el mar Blanco y la Crimea, entre el golfo de Finlandia y las costas de la América rusa, bañadas por el mar del Sud (89). Una estacion magnética permanente fue establecida en Pekin, en un viejo claustro que, desde Pedro el Grande, está habitado, á intervalos periódicos, por monjes griegos. El sabio astrónomo Fuss, autor de las principales medidas que han servido para determinar la diferencia de nivel entre el mar Caspio y el mar Negro, fue nombrado para ir á señalar en China el lugar de los primeros establecimientos magnéticos. Mas tarde, Kupffer, en una visita de inspeccion, comparó entre sí y con instrumentos modelos todos los empleados en las estaciones magnéticas y meteorológicas situadas al Este hasta Nertschinsk (long., 117° 16'). Las observaciones, escelentes sin duda alguna, que Fedorow recogió en la Siberia, no han sido publicadas todavía.

1830-1845.—Observaciones de intensidad hechas en la frontera meridional del Canadá, por el coronel Graham, uno de los ingenieros topógrafos de los Estados-Unidos. (Véase *Philosoph. Transactions*, for 1846, 3.ª parte, p. 242).

1830.—Fuss, observaciones magnéticas, astronómicas é ip ométricas, recogidas en el viaje del lago Baikal á Pekin, á través de Ergi Ude, Durma y la meseta de Gobi, de 2,400 pies de altura solamente, por esta parte. El objeto del viaje era ir á fundar en Pekin un observatorio magnético y meteorológico, que sirvió durante diez años para las observaciones de Koranko. Véase *Report of the seventh Meeting of the british Association*, 1837, p. 497-499, y Humboldt, *Asia Central*, t. I, p. 8; t. II, p. 141, y t. III, p. 468 y 477.

1831-1836.—Observaciones hechas por el capitan Fitzroy en su viaje

Digitized by Google

alrededor del mundo, en el *Beagle*, y en las costas de la estremidad meridional de la América, con un inclinatorium de Gambey y agujas oscilatorias que le habian sido remitidas por Hansteen.

1831.—Dunlop, director del Observatorio de Paramatta, observaciones recogidas en un viaje á la Australia. Véanse las *Philos. Transactions* for 1840, 1.ª parte, p. 133-140.

1831.—Corrientes de induccion de Faraday, cuya teoría ha sido desarrollada por Nobili y Antinori. Gran descubrimiento de la produccion de la chispa eléctrica por los imanes. Véanse los *Anales de Física y de Química*, t. XLVIII, p. 402.

1833-1839 —Epocas importantes por la primera revelacion de las miras teóricas de Gauss. En 1833 aparece el libro denominado *Intensitas Vis Magneticæ terrestris ad Mensuram absolutam revocata*. Léese en la pág. 3: «Elementum tertium intensitas usque ad tempora recentiora penitus neglectum mansit» En 1839, la inmortal obra conocida con el título de *Allgemeine Theorie des Erdmagnetismus*, fué publicada por Gauss y Weber, en los resultados de las observaciones del *Magnetischen Vereins* de 1838, (p. 1-57).

1833.—Trabajos de Barlow sobre la atraccion ejercida por el hierro de los navíos, y sobre el medio de determinar la desviacion de la brújula que resulta de esta atraccion. Investigacion de las corrientes electromagnéticas en las pequeñas esferas de iman conocidas bajo el nombre de *terrellæ*. Mapas generales de las curvas isogónicas. Puede compararse á Barlow, *Essay on magnetic Attraction*, 1833, p. 89, con Poisson, *Sobre las desviaciones de la brujula producidas por el hierro de los navíos*, en las *Memorias del Instituto*, t. XVI, p. 481-555. Véase tambien Airy, en las *Philos. Transactions* for 1839, 1.ª parte, p. 167, y for 1843, 2.ª parte, p. 146, y Ross, en las *Philos. Transact.* for 1849, 2.ª parte, p. 177-195.

1833.—Moser, Método para reconocer la situacion y la fuerza de los polos magnéticos variables, en los *Annalen* de Poggendorff, t. XXVIII, p. 49-296.

1833.—Christie, *On the arctic Observations of Cap. Back*, en las *Philos. Transactions* for 1836, 2.ª parte, p. 377. Véase ademas una importante Memoria de Christie, publicada anteriormente en las *Philos. Transactions* for 1825, 1.ª parte, p. 23.

1834.—Parrot, *Reise nach dem Ararat*. Véase la parte magnética, t. II, p. 53-64.

1836.—Observaciones del mayor Etscourt, en la espedicion del coronel Chesney al Eufrates. Una parte de las observaciones de intensidad se perdió en el naufragio del vapor *Tigris*, pérdida tanto mas sensible cuanto que se carece completamente de observaciones exactas respecto de esta parte del Asia Menor y region que se estiende al Sud del mar Caspio.

Digitized by Google

1836.—*Carta de Humboldt á S. A. R. el duque de Sussex, presidente de la Sociedad Real de Lóndres, sobre los medios propios para perfeccionar el conocimiento del magnetismo terrestre por el establecimiento de estaciones magnéticas y de observaciones correspondientes*, abril de 1836. Pueden verse las felices consecuencias de este paso, y la influencia que tuvo en la gran espedicion antártica de Ross, en el *Cosmos*, t. I, p. 402, nota 66, y en el *Voyage to the Southern and Antarctic Regions* de Ross, 1847, t. I, p. XII.

1837.—Sabine, *On the variations of the magnetic Intensity of the Earth*, en el *Seventh Meeting of the british Association at Liverpool*, p. 1-85. Este trabajo es el mas completo en su género.

1837-1838.—El profesor Humphrey Lloyd levanta un observatorio magnético en Dublin. Véanse, sobre las observaciones recogidas en este establecimiento, de 1840 á 1846, las *Transactions of the Royal Irish Academy*, t. XXII, 1.ª parte, p. 74-96.

1837.—Brewster, *a Treatise on Magnetism*, p. 185-263.

1837-1842.—Viajes de Belcher, al Singapore, al mar de la China y á las costas occidentales de América. Véanse *Philos. Transactions* for 1843, 2.ª parte, p. 113 y 140-142. Las observaciones de Belcher, comparadas con las que yo mismo he recogido en una época anterior, indican un cambio muy irregular en las curvas. Yo he hallado, por ejemplo, que las inclinaciones eran, en 1803, en Acapulco, en Guayaquil y en Callao de Lima, de + 38° 48′, + 10° 42′, — 9° 54′. Belcher observó + 37° 57′, + 9° 1′, y — 9° 54′. ¿Dependerá esto de que los temblores de tierra, tan frecuentes á lo largo de la costa del Perú, ejercen una influencia local en los fenómenos que dependen de la fuerza magnética?

1838-1842.—Wilkes, *Narrative of the United States exploring Expedition*, t. I, p xxi.

1838.—Viaje del teniente Sulivan, de Falmouth á las islas Falkland. Véanse las *Philos. Transactions* for 1840, 1.ª parte, p. 129, 140 y 143.

1838 y 1839.—Establecimiento de estaciones magnéticas en ambos hemisferios, á espensas del gobierno británico y bajo la escelente direccion del coronel Sabine. Los instrumentos fueron enviados en 1839. Las observaciones empezaron en Toronto, en el Canadá, y en la Tierra de Van Diemen, en 1840, en el cabo de Buena-Esperanza en 1841. Véase Juan Herschel, en el *Quarterly Review*, t. LXVI, 1840, p. 297; Becquerel, *Tratado de Electricidad y de magnetismo*, t. VI, p. 173. Merced al cuidado perseverante con que el coronel Sabine, en calidad de *Superintendent of the colonial Observatories*, ha utilizado ese rico tesoro de materiales que comprende todas las variaciones de la actividad magnética, ha descubierto leyes hasta entonces desconocidas y abierto á la ciencia nuevos horizontes. Los resultados de sus investigaciones han sido consignados por él en una larga série de Memorias insertas en las *Philosophical Transactions*

Digitized by Google

de la Sociedad Real de Lóndres, bajo el título de *Contributions to terrestrial Magnetism*, núms. 1-9, y en muchos escritos separados que sirven de fundamento á esta parte del *Cosmos*. Citaremos aquí simplemente algunas de las mas escelentes de esas obras: 1.° *Observations on days of unusual magnetic disturbances*, t I, 1840-1844, y como continuacion de este trabajo, una Memoria acerca de las tempestades magnéticas, en las *Philos. Transactions* for 1851, 1.ª parte, p. 123-139; 2.° *Observations made at the magnetical Observatory at Toronto* (lat. bor. 43° 39', long. occid. 81° 41'), t. I, 1840-1842, y t. II, 1843-1845; 3.° Una memoria sobre la marcha irregular de la declinacion magnética, observada durante las dos mitades del año en Santa Elena, en el castillo de Longwood (latitud, austr. 15° 55', long. occid. 8° 3'), en las *Philos. Transactions* for 1847, 1.ª parte, p. 54; 4.° *Observations made at the magnet. and meteorol. Observatory, at the Cape of Good Hope*, 1841-1846, t. I; 5.° *Observations made at the magnet. and meteorol. Observatory at Hobarton* (lat. austr. 42° 52', longitud oriental 145° 7') *in Van Diemen Island and on the Antarctic Expedition*, t. I, II y III, 1841-1852 (Véase sobre la línea de demarcacion de las perturbaciones orientales y occidentales, t. II, p. IX-XXXVI); 6.° Fenómenos magnéticos en el interior del círculo polar antártico, en Kerguelen y en Van Diemen, en las *Philos. Transact.* for 1843, 2.ª parte, p. 145-231; 7.° Estado de las líneas isoclínicas é isodinámicas en el Océano Atlántico en 1837, en las *Philos. Transactions* for 1840, 1.ª parte, p. 129-155; 8.° Fundamentos de un mapa del Océano Atlántico, representando, para el año 1840, las líneas de declinacion magnética, entre 60° de latitud boreal y 60° de latitud austral, en las *Philos. Transactions* for 1849, 2.ª parte, p. 173-233; 9.° Sobre los medios en uso en los observatorios de las colonias inglesas para medir los valores absolutos de la fuerza magnética, su cambio secular y su variacion anual (absolute values, secular change and annual variation of the magnetic form), en las *Philos. Transactions* for 1850, 1.ª parte, p. 201-219. Véase en particular la coincidencia de la mayor proximidad del Sol con la mayor intensidad de la fuerza magnética en ambos hemisferios y el crecimiento de la inclinacion *id.*, p. 206; 10.° Sobre las líneas isoclínicas é isodinámicas en la estremidad setentrional del nuevo continente, y sobre la posicion geográfica del punto de la mayor intensidad (lat. 52° 19'), deducida de las observaciones del capitan Lefroy, en las *Philos. Transactions* for 1846, 3.ª parte, p. 237-336; 11.° Leyes periódicas de las perturbaciones de la declinacion ó de las tempestades magnéticas en Toronto, en el Canadá, y en Hobarton, en la tierra de Van Diemen, y relacion del período decenal de las variaciones magnéticas con el período, igualmente decenal, de la frecuencia de las manchas del Sol, descubierta en Dessau por Schwabe, en las *Philos. Transactions* for 1852, 1.ª parte, p. 121-124.

Digitized by Google

1839.—Cuadro de las líneas de igual inclinacion y de igual intensidad en las islas Británicas (*Magnetic isoclinal and isodynamic lines, from Observations of Humphrey Lloyd, John Phillipps, Robert Were Fox, James Ross and Edward Sabine*). En 1833, la *British Association* decidió en Cambridge, que se determinaran en muchas partes del reino la inclinacion y la intensidad. Desde el verano del año siguiente, fue cumplido este deseo por el profesor Llody y el coronel Sabine. En 1835 y 1836, se estendió el trabajo al pais de Gales y á Escocia, y en 1838, pudieron unirse al *Report of the Meeting at Newcastle*, mapas isoclínicos é isodinámicos de la Gran Bretaña, p. 49-196. En esos mapas, se ha tomado por unidad la intensidad magnética de Lóndres.

1838-1843.—Clark Ross verificó su gran viaje de descubrimiento al polo Sud, no menos admirable en sus resultados, puesto que confirmó la existencia, hasta entonces controvertida, de las regiones polares, cuanto por lo mucho que ha esclarecido las condiciones magnéticas de una parte considerable de la superficie terrestre. Esta espedicion, en la que han sido determinados numéricamente los tres elementos del magnetismo terrestre, abraza casi las dos terceras partes de la superficie que forma las altas latitudes del hemisferio meridional. Las observaciones magnéticas de Ross, han sido arregladas y editadas por el coronel Sabine en las *Philosophical Transactions* for 1843, art. x, y for 1844, art. vii. Queda todavía una parte por publicar.

1839-1851.—Observaciones de Kreil sobre las variaciones de todos los elementos de la fuerza terrestre y sobre las influencias presumibles del Sol y de la Luna, estudiadas durante mas de doce años en el observatorio de Praga.

1840.—Observaciones magnéticas horarias, hechas por Gay con una brújula de declinacion de Gambey, durante una estancia de diez años en Chile. Véase la obra de este sábio titulada: *Historia física y política de Chile*, 1847.

1840-1851.—Resultados de las observaciones magnéticas de Lamont, director del observatorio de Munich, comparadas con las de Gœttingue, que se remontan hasta 1835. Descubrimiento de la importante ley reguladora de la vuelta periódica decenal de los cambios de declinacion (*a*). Véase Lamont en los *Annalen* de Poggendorff, 1851, t. LXXXIV, p. 572-582, y Reslhuber, *id.*, 1852, t. LXXXV, p. 179-184 La hipótesis de una relacion entre los crecimientos ó las disminuciones periódicas de los términos medios anuales, formados con las variaciones diurnas de la declinacion, y la frecuencia periódica de las manchas del Sol, fue espuesta por vez primera por el coronel Sabine en las *Philos. Transactions* for 1852, y cuatro

(*a*) Véanse las *Observaciones complementarias* de este tomo.

Digitized by Google

ó cinco meses despues por el sábio director del observatorio de Berna, Wolf, que desconocia el primer trabajo, en las Memorias de los *Schweizerischen Naturforscher* (90). La obra de Lamont, *Handbuch des Erdmagnetismus*, 1848, contiene la indicacion de los medios de observacion mas recientes, así como una esplicacion detallada de los métodos.

1840-1845.—Bache (Director of the Coast Survey of the United States), *Observations made ad the magnetical and meteorological Observatory at Girad's College*, Filadelfia, 1847.

1840-1842.—Teniente Gilliss, *Magnetical and meteorological Observations made at Washington*, 1847, p. 2-319 (*Magnetic Storms*, p. 336).

1841-1843.—Observaciones de declinacion hechas por Schomburgk en los bosques de la Guyana, entre el monte Roraima y el pequeño pueblo de Pizara, desde 3° 39′ hasta 4° 57′ de latitud. Véanse las *Philos. Transactions* for 1849, 2.ª parte, p. 217.

1841-1845.—*Magnetical and meteorological Observations made at Madras*, en 1.°

1843-1844.—Observaciones magnéticas hechas en el observatorio astronómico de Makerstun, en el condado de Roxburgh en Escocia, (lat. 55° 34′), por Brisbane. Véase *Transactions of the royal Society of Edinburgh*, t. XVII, 2.ª parte, p. 188 y t. XVIII, p. 46.

1843-1849.—Kreil busca la influencia de los Alpes en la manifestacion de la fuerza magnética. Véanse las *Astronom. Nachrichten* de Schumacher, núm. 602.

1844-1845.—Espedicion de la *Pagoda* á las altas regiones antárticas, bajo el mando del teniente de la marina real Moor, que habia ya tomado parte, en el *Terror*, en la espedicion del Polo Norte, y del teniente de artillería Clerk, antes director del observatorio magnético del cabo de Buena-Esperanza. Esta espedicion, que ha abarcado los tres elementos del magnetismo terrestre, entre 64 y 67 grados de latitud austral y desde 4 hasta 117 grados de longitud oriental, es digno complemento de los trabajos de Clark Ross en el Polo Sud.

1845.—*Proceedings of the magnetical and meteorological Conference held at Cambridge.*

1845.—*Observations made at the magnetical and meteorological Observatory at Bombay under the Superintendency of Arthur Bedfort Orlebar.* El Observatorio fue edificado en 1841, en la pequeña isla de Colaba.

1845-1850.—*Results of the magnet. and meteorol. Observations made at the royal Observatory at Greenwich.* Estas observaciones han producido seis tomos; el observatorio magnético data de 1838.

1845.—Simonoff, profesor en Kasan, *Investigaciones sobre la accion magnetica de la Tierra.*

1846-1849.—*Magnetic Survey of the Eastern archipelago*, por el capitan de

Digitized by Google

ingenieros Elliot, del ejército de Madrás. Elliot ha descansado en diez y seis estaciones diferentes, y muchos meses en cada una. Ha visitado tambien Bornéo, Célebes, Sumatra, las Nicobar y las islas Keeling, todo el espacio comprendido entre 16° de latitud boreal y 12° de latitud austral, entre 78 y 123 grados de longitud oriental. Ha comparado las observaciones recogidas en esos lugares con las de Madrás. Véase *Philos. Transactions* for 1851, 1.ª parte, p. 287-331, y p. I-CLVII. Hánse unido á esta Memoria mapas que representan las líneas de igual inclinacion y de igual declinacion, así como la fuerza magnética horizontal y la fuerza total. El trabajo del capitan Elliot, que indica á la vez la situacion del ecuador magnético y de la línea sin declinacion, es uno de los mas grandes y mas distinguidos que han aparecido en estos últimos tiempos.

1845-1850.—Brillantes descubrimientos de Faraday (91): 1.° Sobre la direccion paramagnética, es decir en sentido del eje de la Tierra, y diamagnética, es decir paralela al ecuador, que toman los cuerpos que oscilan libremente bajo la influencia esterior del iman (véase *Philos. Transactions* for 1846, § 2420, y for 1851. 1.ª parte, §§ 2718-2796); 2.° de la influencia ejercida por el electro-magnetismo sobre un rayo de luz polarizada, y del movimiento circular impreso á este rayo por efecto del cambio en el estado molecular de la materia á través de la cual pasan el rayo polarizado y la corriente magnética (véase *Philos. Transactions* for 1846. 1.ª parte, §§ 2195 y 2215-2221); 3.° sobre la notable propiedad que tiene el oxígeno, único gas paramagnético, de ejercer en los elementos del magnetismo terrestre una influencia tal que, como el hierro dulce, aunque en un grado infinitamente mas pequeño, toma de la virtud comunicativa de la Tierra la polaridad de un iman, obrando de una manera permanente y recíproca. Véase *Philosoph. Transactions* for 1851, 1.ª parte, §§ 2297-2967 (92).

1849.—Emory, *Magnetical Observations made at the Isthmus of Darien and at the City of Panamá*, Cambridge (U. s.), 1850.

1849.—Thomson, profesor en Glasgow, *á Mathematical Theory of Magnetism*, en las *Philos. Transactions* for 1851, 1.ª parte, p. 243-285. En lo concerniente á la distribucion de la fuerza magnética, puede compararse esta disertacion con la de Poisson, en las *Memorias del Instituto*, 1811, 1.ª parte, p. 1, y 2.ª parte, p. 163.

1850.—Airy, *on the present State and prospects of the Science of terrestrial Magnetism*, fragmento de una obra que llama la atencion del mundo sábio.

1852.—Kreil, investigaciones sobre las variaciones de la declinacion magnética en Praga, causadas por la influencia de la Luna, en los años 1839-1849. (*Magnetische und meteorologische Beobachtungen zu Prag*). Acerca de los trabajos anteriores de este concienzudo observador, publicadas

Digitized by Google

desde 1836 á 1838, véanse, *Osservazioni sull' intensitá e sulla direzioni della forza magnetica istituite negli anni* 1836-1838, *all' I. R. Osservatorio di Milano*, p. 171.

1853.—Faraday, *On Lines of magnetic force and their definite character.*

1853.—Sabine, investigaciones sobre las variaciones diurnas producidas por la Luna en la declinacion magnética en Toronto, en Santa Elena y en Hobarton; véanse las *Philosoph. Transactions* for 1853.

1853-1854.—Nuevas pruebas sacadas por Sabine de las observaciones de Toronto, de Hobarton, de Santa Elena, y del cabo de Buena-Esperanza (1841-1851), que confirman la variacion anual que se agrega á la variacion diurna media de la declinacion, y la correspondencia de sus épocas semestrales con las del paso del Sol por el ecuador. Veanse *Observations made at Toronto*, t. II, p. XXII, y *Proceedings of the Royal Society of London*, mayo 1854.

El cuadro cronológico de los trabajos y descubrimientos cuyo objeto ha sido el magnetismo terrestre, en la primera mitad del siglo XIX, durante la cual, he tomado un ardiente interés por esta rama de nuestros conocimientos, es testimonio de un doble esfuerzo coronado por el éxito. La mayor parte de los trabajos se ha consagrado á la observacion de la actividad magnética de la Tierra, á la determinacion numérica de todo lo que puede ser medido en el tiempo ó en el espacio. La segunda parte, menos considerable, pertenece á la esperimentacion, lo que equivale á decir que el físico ha suscitado por sí mismo los fenómenos que podian hacerle penetrar en la esencia de la actividad terrestre, y permitirle profundizar la naturaleza interior de la fuerza magnética. Dos procedimientos diferentes: de un lado, la observacion y el cálculo aplicados á la direccion y á la intensidad de los fenómenos magnéticos; de otro, la esperimentacion aplicada á la fuerza magnética en general, se han prestado mútuo auxilio que ha redundado en provecho de la ciencia. La observacion pura, independiente, de toda hipótesis sobre la causa comun de los fenómenos y sobre la accion recíproca de las moléculas en el interior de las sustancias, que hasta aquí está fuera de nuestras percep-

Digitized by Google

ciones y de nuestras medidas, nos ha hecho descubrir leyes numéricas de gran interés. La penetracion maravillosa que han desplegado los físicos esperimentadores les ha revelado, en los cuerpos sólidos y gaseosos, propiedades de la polarizacion que nadie habia sospechado hasta entonces, y que están en íntima relacion con la temperatura y la presion atmosférica. Por importantes é incontestables que sean esos descubrimientos, no pueden considerarse sin embargo, teniendo en cuenta el estado actual de nuestros conocimientos, como la esplicacion y el principio de las leyes que han podido comprobarse hasta aquí en el movimiento de la aguja imantada. El medio mas seguro de llegar á agotar todo lo que en el espacio está sometido á medidas variables, y al mismo tiempo, de estender y acabar la teoría matemática del magnetismo terrestre, trazada ya á grandes rasgos por Gauss, es continuar simultáneamente, y en puntos bien elegidos de la superficie terrestre, la observacion de los tres elementos de la actividad magnética. He indicado ya en otra parte (93) y hecho comprender por medio de ejemplos los grandes resultados que me prometo de la alianza de la esperimentacion con las combinaciones matemáticas.

No puede representarse nada de lo que pasa en nuestro planeta sin referirlo al conjunto del Mundo. El solo nombre de Planeta despierta ya en nosotros la idea de dependencia con relacion á un cuerpo central, de union con un grupo de cuerpos celestes que, aunque muy diferentes en estension, tienen probablemente un mismo orígen. La influencia de la posicion del Sol en la manifestacion del magnetismo terrestre se reconoció bien pronto. Esta influencia fue comprobada con gran claridad por el descubrimiento de la declinacion horaria; ya lo habia sido confusamente un siglo antes, cuando Keplero sospechaba que una fuerza magnética dirigia todos los ejes de los planetas hácia una misma

Digitized by Google

region del Cielo. Keplero dice terminantemente que el Sol es un cuerpo magnético, y que en él reside la fuerza que mueve los planetas (94). La atraccion de los astros y la gravitacion se presentaban entonces bajo el símbolo de la atraccion magnética. Horrebow, que no confundia la gravitacion con el magnetismo, ha definido la luz como una aurora boreal perpétua, producida por las fuerzas magnéticas en la atmósfera vaporosa del Sol (95). Despues se han presentado, acerca del modo de accion del Sol, opiñiones cuyas divergencias son dignas de observacion.

Háse creido, ó bien que el Sol, sin ser por sí mismo un cuerpo magnético, obra sobre el magnetismo terrestre por los cambios de temperatura que produce, y esta es la opinion de Canton, de Ampere, de Christie, de Lloyd y de Airy; ó se piensa, con Coulomb, que el Sol está rodeado de una atmósfera magnética (96) que obra sobre el magnetismo terrestre, comunicándole algo de su poder. El magnífico descubrimiento de Faraday, de las propiedades paramagnéticas del oxígeno, ha orillado la grave dificultad que impedia admitir, con Canton, que el paso del Sol á través del meridiano del lugar produce, como efecto inmediato, un aumento rápido y sensible en la temperatura de la Tierra y de los mares. Sin embargo, la union de todas las observaciones calculables y la ingeniosa discusion que de ellas ha hecho el coronel Sabine dieron por resultado el de afirmar que las variaciones periódicas, comprobadas hasta hoy en la actividad magnética de la Tierra, no provienen de los cambios periódicos por que pasa la temperatura de la region atmosférica asequible á nuestras esperiencias. Las épocas principales de las variaciones diurnas de la declinacion, ni las de las variaciones anuales que Sabine pudo determinar exactamente primero que nadie, despues de un número inmenso de observaciones, como tampoco los períodos de la intensidad media, están de acuerdo con las épocas en que

Digitized by Google

se producen los máximos y los mínimos termométricos de la atmósfera ó de la corteza superior de la Tierra (97). Los cambios de período para los fenómenos magnéticos mas importantes son los solsticios y los equinoccios. La época de la mayor intensidad magnética, aquella en donde, la aguja de inclinacion se aproxima mas á la vertical, en ambos hemisferios, es la época de la mayor proximidad del Sol (98), aquella en que el movimiento de traslacion de la Tierra ofrece la mayor rapidez posible. Ahora bien, en el perihelio, es decir en los meses de diciembre, de enero y de febrero, y en el afelio, es decir, en los meses de mayo, de junio y de julio, las temperaturas de las zonas situadas al Norte y al Sud del ecuador están en oposicion directa. No podrian pues atribuirse al Sol, considerado como principio de calor, los períodos crecientes ó decrecientes de la intensidad, de la declinacion y de la inclinacion.

Los términos medios anuales, formados con las observaciones recogidas en Munich y en Gœttingue, revelaron al laborioso director del Observatorio real de Baviera, el profesor Lamont, la notable ley de un período de 10 años y $^1/_3$, que reaparece regularmente en las variaciones de la declinacion (99). Durante el período de 1841 á 1850, el término medio de las variaciones mensuales de la declinacion llegó á su mínimum precisamente á la mitad de 1844, y á su máximum á mediados de 1849. Antes de conocer los resultados adquiridos en Europa, el coronel Sabine habia comparado los términos medios mensuales, sacados de observaciones recogidas en lugares situados casi en las dos estremidades del eje terrestre, en Toronto, en el Canadá y en Hobarton, en la tierra de Van Diemen, durante los años 1843-1848, y habia llegado á reconocer la existencia de una causa periódica de perturbaciones. Esta causa verdaderamente cósmica se debe á los cambios que la atmósfera del Sol esperimenta igualmente por períodos de 10 años (100). Como en otra

Digitized by Google

parte he espuesto (1), de todos los astrónomos hoy vivientes el que con mas asiduidad ha observado las manchas del Sol, Schewabe, ha descubierto, durante una larga série de años (1826-1850), que el número de las manchas del Sol está sometido á variaciones periódicas, de tal suerte que el máximum cayó en los años 1828, 1837 y 1848, y el mínimum en 1833 y 1843. «No he tenido ocasion, dice, de examinar una série no interrumpida de observaciones mas antiguas, pero me inclino de buen grado á creer que este período mismo puede cambiar.» Los fenómenos luminosos que se presentan en otros soles, dotados de luz propia, ofrecen con efecto algo análogo á esta variacion, es decir, períodos en los períodos. A este propósito recordaré los cambios tan complejos de intensidad que Goodricke y Argelander han estudiado de un modo curioso en β de la Lira y Mira Ceti (2).

Si, conforme á la opinion de Sabine, el magnetismo del cuerpo solar se manifiesta por el crecimiento del magnetismo terrestre, cuando la Tierra se aproxima al Sol, hay motivo para asombrarse de que, segun las profundas investigaciones de Kreil, la influencia magnética de la Luna no se haga sentir ni en sus diferentes fases, ni en su mayor ó menor alejamiento de la Tierra. Parece que, relativamente al Sol, la proximidad de la Luna no compensa la debilidad de su masa (b). El principal resultado de las investigaciones sobre la influencia magnética de la Luna, que, segun Melloni, no produce mas que una señal de calor, es el de que, sobre el esferoide terrestre, la declinacion magnética esperimenta, durante un dia lunar, cierto cambio regular, que consiste en alcanzar un doble máximum y un doble mínimum (3). «Si la Luna, dice juiciosamente Kreil, no causa en la superficie terrestre un cambio de temperatura sensible para los aparatos termométricos, no puede modificar por la

(b) Véanse las *Observaciones complementarias* de este tomo.

Digitized by Google

influencia del calor la fuerza magnética de la Tierra, y, si se reconoce sin embargo, el efecto magnético de la Luna, es preciso admitir que este efecto se produce por otro medio.» Todo lo que no parece resultado de una fuerza única no puede considerarse como existiendo por sí mismo sino despues que se han eliminado gran número de causas de perturbaciones estrañas; este es el caso de las influencias lunares.

Aunque hasta ahora las variaciones mas considerables y mas sensibles en las manifestaciones del magnetismo terrestre no pueden esplicarse de un modo satisfactorio por los máximos y los mínimos de los cambios de temperatura, no puede dudarse sin embargo de que, antes de mucho tiempo, cuando se hayan abarcado mejor y profundizado mas los fenómenos de la actividad magnética, el gran descubrimiento de la propiedad polar inherente al oxígeno atmosférico, contribuirá á dar nueva luz sobre la generacion misma de esos fenómenos. El concierto armonioso de todas las fuerzas que animan el Universo se opone á creer que esta propiedad del oxígeno y las modificaciones que introduce en el crecimiento de la temperatura no tengan influencia alguna en la produccion de los fenómenos magnéticos.

Es muy probable, como ha declarado Newton, que las sustancias pertenecientes á un mismo grupo de cuerpos celestes, es decir, al mismo sistema planetario, son en gran parte las mismas (4). De aquí puede deducirse que no es solo en nuestro planeta donde la materia sometida á la gravitacion está dotada tambien de una actividad electro-magnética. La opinion contraria reduciria arbitrariamente el horizonte de las grandes miras cosmológicas. La hipótesis de Coulomb sobre la influencia ejercida por el Sol magnético, y recibida por la Tierra magnética no está por el contrario en contradiccion con ninguno de los resultados obtenidos hasta aquí,

Digitized by Google

Si pasamos ahora á la representacion puramente objetiva de los fenómenos magnéticos, tales como se producen en diferentes partes de la superficie de la Tierra y segun las diversas posiciones de nuestro planeta con relacion al cuerpo central, debemos, en los resultados numéricos, distinguir claramente las variaciones que se representan en cortos intervalos de las que se renuevan solo despues de períodos muy largos. Todas se subordinan, unas á otras, y se robustecen recíprocamente ó se suspenden y se destruyen en parte, como los círculos que se cortan, al alargase, en la superficie de las aguas agitadas. Doce objetos diferentes llaman especialmente la atencion:

Dos polos magnéticos, situados uno en el hemisferio austral, el otro en el hemisferio boreal, á distancias desiguales de los polos de rotacion. Llámanse polos magnéticos los puntos en que la inclinacion iguala á 90°, donde por consiguiente la fuerza horizontal es nula;

El ecuador magnético, es decir la curva sobre la cual la inclinacion es igual á O;

Las líneas de igual declinacion y aquellas sobre las que la declinacion es igual á O, en otros términos, las líneas isogónicas y las líneas sin declinacion;

Las líneas de igual inclinacion ó líneas isoclínicas;

Los cuatro puntos de mayor intensidad magnética. Dos de esos puntos, de fuerza desigual, están situados en cada hemisferio;

Las líneas de igual intensidad ó isodinámicas;

La línea de las ondulaciones magnéticas que liga, en cada meridiano, los puntos de la menor intensidad (5). Esta línea se llama alguna vez tambien ecuador dinámico; no coincide ni con el ecuador geográfico ni con el ecuador magnético;

El límite de la zona, de una intensidad magnética muy pequeña en general, que juega, por decirlo asi, el papel

Digitized by Google

de intermediaria, y en la cual las variaciones horarias participan alternativamente, segun las estaciones, de las propiedades de los dos hemisferios (6).

He cuidado de aplicar la palabra polo únicamente á los dos puntos de la Tierra en donde la fuerza horizontal desaparece, porque, en nuestros dias, como ya he observado, esos puntos, que son verdaderamente los polos magnéticos, han sido frecuente y torpemente confundidos con los puntos de la mayor intensidad (7). Gauss ha probado tambien que no es conveniente designar bajo el nombre de eje magnético de la Tierra la cuerda que une los dos puntos de la superficie terrestre en donde la inclinacion de la aguja es igual á 90° (8). El íntimo lazo que relaciona entre sí todos los fenómenos debidos á la accion de una sola y misma fuerza permite felizmente reunir, distinguiéndolas bajo los tres puntos de vista de la intensidad, de la inclinacion y de la declinacion, todas las manifestaciones del magnetismo terrestre.

INTENSIDAD.

El conocimiento del elemento mas importante del magnetismo, es decir, la determinacion directa de la fuerza total de la Tierra, ha seguido, tras un largo intervalo, al conocimiento de la direccion horizontal y vertical de esta fuerza. Las oscilaciones, cuya duracion es la medida de la intensidad magnética, llegaron á ser por vez primera, hácia fines del siglo XVIII, objeto de esperimentacion, y solo en la primera mitad del siglo XIX lo fueron de investigaciones sérias y perseverantes. En 1723, Graham midió las oscilaciones de su aguja de inclinacion, con el fin de asegurarse de si eran constantes, y de descubrir la relacion de la fuerza que las produce con el peso (9). La primera tentativa para evaluar la intensidad del magnetismo en puntos

Digitized by Google

muy distantes de la superficie terrestre, segun el número de oscilaciones verificadas en un tiempo dado, fué hecha por Mallet en 1769. Encontró, con aparatos muy imperfectos, que el número de las oscilaciones era exactamente el mismo en San Petersburgo á 59° 56′ de latitud, y en París á 67° 4′ (10): de donde nació el prejuicio, que se propagó hasta Cavendish, de que la intensidad de la fuerza terrestre es igual bajo todas las zonas. Segun me ha contado con frecuencia el mismo Borda, guiado por consideraciones teóricas, se habia preservado de este error, que evitó tambien Le Monnier. Pero el frotamiento de la aguja de inclinacion empleado por Borda sobre el eje que la sostenia, le impidió reconocer, en su viaje á las islas Canarias, en 1776, las diferencias de intensidad entre París, Tolon, Santa Cruz de Tenerife y Gorea en Senegambia, es decir, en un espacio de 35 grados de latitud (11). Lamanon, fué el primero en comprobar esas diferencias con instrumentos perfeccionados, durante la desgraciada espedicion de La Perouse (1785 y 1787). Pero, enviadas de Macao al secretario perpétuo de la Academia de Ciencias de París, sus observaciones permanecieron, como he dicho antes (12), escondidas en los archivos de la Academia con otros muchos documentos.

Las primeras observaciones de intensidad que se han publicado, son las que recogí durante mi viaje á las regiones equinocciales del nuevo Continente, desde 1798 á 1804. Las esperiencias hechas anteriormente, 1791 á 1794, por mi amigo Rossel en los mares de la India, se imprimieron cuatro años despues solamente de mi vuelta de Méjico. En 1829, tuve la satisfaccion de poder continuar mis investigaciones relativas á la intensidad y á la inclinacion magnéticas, en una estension de 188 grados de longitud, desde el mar del Sud hasta la Dzungaria china, es decir, en las dos terceras partes del hemisferio oriental y á través de los continentes no interrumpidos. En latitud, llevo esplo-

Digitized by Google

rado un espacio de 72°, desde los 60° de latitud boreal hasta los 12° de latitud austral.

Cuando se sigue atentamente la direccion de las líneas isodinámicas ó curvas de igual intensidad, que se envuelven unas á otras, y se pasa de las líneas esteriores, que son las mas débiles, á las líneas interiores, cuya fuerza aumenta gradualmente, se reconocen en cada hemisferio, á distancias muy desiguales de los polos de rotacion y de los polos magnéticos, dos puntos ó focos de la mayor intensidad, el uno mas fuerte y el otro mas débil. De esos cuatro puntos, el mas fuerte, el foco americano, está situado en el hemisferio del Norte á los 52° 19′ de latitud y 94° 20′ de longitud occidental (13); colócase generalmente el mas débil, llamado tambien comunmente foco siberico, á los 70° de latitud y 117° 40′ de longitud oriental, pero tal vez deba de estarlo algunos grados mas hácia el Oeste. En el viaje de Parschinsk á Iakutsk, en 1829, Erman ha encontrado la curva de mayor intensidad (1,742) cerca de Beresowski Ostrow, á los 115° 31′ de longitud oriental, 59° 44′ de latitud boreal (14). De las dos determinaciones que preceden, la del foco americano es la mas segura, cuando menos en lo concerniente á la latitud; la longitud es probablemente demasiado occidental. El óvalo que contiene el foco setentrional mas fuerte está situado, segun esto, en el meridiano del límite occidentar del Lago Superior, entre la estremidad meridional de la bahía de Hudson y el lago canadino Winnipeg. Esas medidas son el fruto de la importante espedicion, hecha en 1843 en el interior de las tierras, por el capitan de artillería Lefroy, antiguo director de la estacion magnética de Santa Elena. El medio de la Lemniscate que une los dos focos del hemisferio setentrional parece estar situado al Nordeste del estrecho de Behring, mas cerca del foco asiático que del foco americano.

Digitized by Google

Cuando, en 1802, atravesando la cadena de los Andes, en el hemisferio meridional, cortaba yo el ecuador magnético, es decir, la línea sin inclinacion, entre Micuipampa y Caxamarca, á los 7° 2′ de latitud austral y 81° 8′ de longitud occidental, y á partir de esta línea ví crecer la intensidad hácia el Norte y hácia el Sud, generalicé esta observacion. Sin puntos de comparacion, que faltaban en esta época y faltaron mucho tiempo despues, supuse que la intensidad aumentaba sin interrupcion desde el ecuador magnético hasta los dos polos magnéticos, y que el máximum de intensidad estaba en esos polos, es decir, en los puntos donde la inclinacion es igual á 90°. Cuando, por primera vez, se observa la huella de una gran ley de la naturaleza, los cálculos que se forman precipitadamente tienen las mas de las veces que rectificarse. Sabine, apoyándose en las observaciones que él mismo habia hecho desde 1818 á 1822, en zonas muy diferentes, y comparando con sagacidad los resultados cada vez mas numerosos que le fueron suministrados por otra parte, ha probado que la intensidad y la inclinacion se conducen y se modifican muy diversamente, de tal modo, que en muchos puntos el máximum de intensidad está alejado del ecuador magnético, y que en las regiones mas setentrionales del Canadá y del territorio próximo á la bahía Hudson, desde 52° $^1/_3$ de latitud hasta el polo magnético, bajo el meridiano de 94 á 95 grados de longitud occidental, la intensidad, en vez de aumentar, disminuye (15). En 1845, en el foco de la mayor intensidad, descubierto en el Canadá por Lefroy, la inclinacion era solo de 73° 7′, y en ambos hemisferios, se hallan máximos de intensidad con inclinaciones relativamente poco considerable (16).

Por abundantes y preciosas que sean las observaciones de intensidad, debidas á las espediciones de Ross, de Moore y de Clerk, en los mares Antárticos, quedan aun muchas

Digitized by Google

dudas respecto de la posicion de los dos focos del hemisferio meridional. Ross ha atravesado varias veces las líneas isodinámicas de la mayor intensidad, y recogido observaciones segun las cuales Sabine, despues de un detenido exámen, ha colocado uno de los focos á los 64° de latitud, 135° 10′ de longitud oriental. Ross mismo, en la Relacion de su gran viaje (17), suponia situado este punto cerca de la tierra de Adelia, descubierta por Dumont d'Urville, es decir, á los 67° de latitud y 137° 40′ de longitud oriental próximamente. Creia acercarse al otro foco recorriendo los parajes situados á los 60° de latitud y 127° 20′ de longitud Oeste. Sin embargo, considerado todo, inclinábase á colocarlo mucho mas al Sud, bajo un meridiano mas oriental y no lejos del polo magnético (18).

Despues de haber fijado la situacion de los cuatro máximos de intensidad, conviene determinar las relaciones de sus fuerzas. Ese cálculo puede hacerse de dos maneras: ó segun el método antiguo, es decir, de una manera relativa, tomando por unidad la intensidad que he medido en un punto del ecuador magnético, en el lugar donde corta la cadena de los Andes á los 7° 2′ de latitud austral y 81° 8′ de longitud Oeste, ó bien, tomando valores absolutos, como han propuesto Poisson y Gauss (19). Segun la escala proporcional, la intensidad de París y la de Lóndres fueron reconocidas, en 1827, y estaban en la relacion de 1,348 á 1,372, (20). Si se traducen estos números en valores absolutos, se obtiene próximamente 10,20 y 10,38. Como consecuencia de la misma trasformacion, la intensidad del Perú, que he representado por 1,000, se convierte en 7,57; es mayor que la de Santa Elena, igual á 6,4. Todos esos números deben ser aun modificados, en razon á los años trascurridos entre las comparaciones. Es preciso considerarlos no mas que como provisionales, en la escala relativa, lo mismo que en la escala absoluta, aunque esta merece la

Digitized by Google

preferencia. Pero hoy mismo, por poco precisos que sean, arrojan gran luz sobre la distribucion del magnetismo terrestre, de este elemento respecto del cual se estaba todavía, hace menos de cincuenta años en la mas profunda ignorancia. Proporcionan, y esto es de gran importancia cosmológica, puntos históricos de partida para los cambios que revelarán los siglos venideros, y cuyo secreto puede estar en la dependencia de la Tierra con relacion á la fuerza magnética del Sol.

En el hemisferio del Norte, Lefroy ha determinado de la manèra mas satisfactoria la intensidad del foco canadino, el mas poderoso de los dos, situado á los 52° 19′ de latitud, 94° 20′ de longitud occidental. En la escala proporcional, si la intensidad de Lóndres es igual á 1,372, la del foco canadino es de 1,878; en la escala absoluta, es de 14,21 (21). Ya en New-York, á los 40° 42′ de latitud, Sabine habia hallado una intensidad casi tan grande (1,803). La intensidad del foco siberico, que se supone situado á los 70° de latitud, 147° 40′ de longitud oriental, ha sido evaluada por la escala relativa, en 1,74, por Erman, y en 1,76 por Hansteen, lo que equivale á 13,3 en valor absoluto. La espedicion antártica de Ross da lugar á creer que la diferencia de los dos focos es menor en el hemisferio del Sud que en el hemisferio del Norte, pero que cada uno de los dos focos australes supera á los dos focos boreales. La intensidad del foco austral mas fuerte (lat. 64°, long. orient. 135° 10′) es, por lo menos, en la escala proporcional, 2,06, y en la escala absoluta, 15,60 (22); la del mas débil (lat. 60°, long. occid. 127° 20′?) está representada, segun Ross, por 1,96 y 14,90 (23). La mayor ó menor distancia entre los dos focos de un mismo hemisferio es un elemento importante de su poder individual y de la reparticion general del magnetismo. Si los focos del hemisferio meridional presentan una intensidad sensiblemente mayor (valor absoluto

Digitized by Google

15,60 y 14,90) que los focos del hemisferio setentrional (14,21 y 13,30), no puede deducirse de aquí que la fuerza total de uno de los hemisferios sea superior á la del otro.

Las cosas tomarán otro aspecto, si, en vez de dividir el esferóide terrestre por el Ecuador, se hace pasar un plano por los meridianos de 100 y 280 grados, contados de Oeste á Este, á partir del observatorio de Grenwich. De esta manera, el hemisferio oriental, el mas continental de los dos, comprende la América del Sud, el océano Atlántico, la Europa, el Africa y el Asia casi hasta Baikal; el hemisferio occidental, compuesto especialmente de islas y de mares, casi toda la América del Norte, el mar del Sud, la Nueva-Holanda y una parte del Asia oriental. El meridiano de 100° está situado próximamente á 4° al Oeste de Singapore, y el de 280° á 13° al Oeste del cabo de Hornos, pasando por Guayaquil. En la Tierra así dividida, los cuatro puntos de mayor intensidad y los dos polos magnéticos pertenecen al hemisferio occidental (24).

La importante observacion de Erman sobre el mínimum de intensidad observado en el océano Atlántico, al Este de la provincia brasileña de Espíritu Santo, á los 20° de latitud, 37° 24′ de longitud occidental, ha sido citada ya en el primer tomo de esta obra (25). Erman halló como valor relativo 0,7062, como valor absoluto 5,35. Esta zona de la mas pequeña intensidad ha sido atravesada dos veces en la espedicion antártica de Ross, entre 19 y 21 grados de latitud (26); lo ha sido tambien por los tenientes Sulivan y Dunlop, en su viaje á las islas Falkland (27). En el mapa isodinámico del océano Atlántico, ha trazado Sabine de una orilla á otra la curva de menor intensidad que Ross llama *the Equator of less intensity*. Corta la costa de Benguela, por la orilla occidental del Africa, cerca de la colonia portuguesa de Mossamedes, á los 15° de latitud austral. Su vértice cóncavo, en medio del Océano, pasa á los 20° 20′ de

Digitized by Google

longitud Oeste, desde donde se levanta hácia la costa del Brasil hasta 20° de latitud austral. Es posible que al Norte del Equador, 20° próximamente al Este de las Filipinas, se encuentre tambien otra zona de pequeña intensidad, en que el valor relativo de la fuerza magnética no esceda de 0,97; investigaciones ulteriores esclarecerán este hecho.

Los materiales recientemente recogidos no autorizan á modificar mucho la relacion que he indicado en el primer tomo de esta obra entre la menor y la mayor intensidad conocida hasta aquí. Están entre sí como 1 es á $2\,^1/_2$, ó mas bien como 1 es á 3. Las diferencias provienen del cambio mas ó menos caprichoso de los máximos solamente, ó de los mínimos y los máximos (28). A Sabine corresponde el mérito de haber sido el primero en llamar la atencion sobre la importancia del ecuador dinámico (29). «Esta curva, dice, liga en todos los meridianos geográficos los puntos en donde la fuerza magnética es menos sensible, describiendo alrededor de la esfera terrestre gran número de ondulaciones. Por ambos lados, la fuerza magnética aumenta, á medida que se sube hácia las altas latitudes: así, esta curva marca el límite entre los dos hemisferios magnéticos mejor que el ecuador magnético, sobre el cual, la direccion de la aguja imantada es perpendicular á la de la gravedad. Todo lo que concierne directamente á la intensidad misma de la fuerza terrestre es todavía de mayor consecuencia para la teoría del magnetismo que lo que se refiere á la direccion horizontal ó vertical de la aguja imantada. El ecuador dinámico describe gran número de sinuosidades, cosa que es fácil de comprender, puesto que esas sinuosidades dependen de fuerzas cuyo foco está en los cuatro puntos de la mayor intensidad magnética, situados irregularmente y dotados de una potencia desigual. Lo que hay mas de notable en esas ondulaciones, es la gran convexidad, dirigida hácia el polo austral, y situada en el océano Atlán-

Digitized by Google

tico, entre las costas del Brasil y el cabo de Buena-Esperanza.»

¿Disminuye sensiblemente en las alturas á que podemos llegar, la intensidad de la fuerza terrestre? ¿Aumenta en el interior del globo? La solucion de este problema exige observaciones muy complicadas en la superficie del suelo ó en las profundidades de la Tierra. Cuando, con efecto, en las ascensiones de montañas, se trata de comparar los efectos producidos por alturas considerables, los sólidos montañosos no permiten aproximar bastante á las estaciones superiores y las estaciones inferiores. La naturaleza de las rocas y los filones invisibles de los minerales que las atraviesan pueden modificar los resultados; además, el conocimiento incompleto de las variaciones horarias y accidentales de la intensidad es una causa de error para las observaciones que no son rigorosamente simultáneas. Por todas estas razones, sucede, que se atribuyen á la altura y á la profundidad efectos independientes de esas circunstancias. En las numerosas minas á que he bajado á profundidades muy considerables, en Europa, en el Perú, en Méjico, en Siberia, jamás he hallado localidades de naturaleza capaz de inspirar confianza alguna (30). Es necesario tambien indicar si las profundidades, cualesquiera que sean, están tomadas superior ó inferiormente al horizonte del mar que representa la superficie media del esferoide terrestre. Los pozos de Joachimsthal, en Bohemia, tienen cerca de 2,000 pies de profundidad absoluta, y sin embargo, no terminan sino en una capa situada á 250 pies sobre el nivel del mar (31). Las ascensiones aereostáticas ofrecen muy distintas condiciones y mucho mas favorables. Gay-Lussac se elevó á 21,600 pies sobre París. La mayor profundidad relativa á que se ha llegado en Europa, con los pozos artesianos, es apenas la 11ª parte de esta altura. Las observaciones que yo mismo he hecho en las montañas, des-

Digitized by Google

de 1799 á 1806, me inclinan á creer que, en resúmen, la fuerza terrestre disminuye á medida que aumenta la altura, aunque muchos resultados contradigan esta opinion, indudablemente á consecuencia de las influencias estrañas que he indicado antes. He elegido y reunido en una nota los casos mas notables que me han suministrado las 125 medidas de intensidad tomadas por mi en la cadena de los Andes, los Alpes suizos, Italia y Alemania (32). Las observaciones comprenden todas las alturas, desde el nivel del mar hasta 14960 pies y el límite de las nieves perpétuas; pero no son las alturas mayores las que me han dado los resultados mas seguros. Háse hallado que los lugares mas favorables son un punto de la Silla de Caracas, situado muy cerca de la costa de la Guayra, á 8 105 pies de altura; el *santuario de Nuestra Señora de Guadulupe* que, construido en el vértice de un muro escarpado de calcáreo, parece flotar sobre la ciudad de Bogotá, á una altura de cerca de 2,000 pies; por último, el volcan de Puraz de 8,200 pies de elevacion sobre la plaza mayor de la ciudad de Popayan. Kupffer en el Cáucaso (33), Forbes en diferentes partes de Europa, Laugier y Mauvais en el Canigu, Bravais y Martins en el Faulhorn y durante su permanencia valerosa cerca de la cumbre del Mont-Blanc, han comprobado que la intensidad disminuye á medida que la altura aumenta. Resulta tambien de la discusion general de Bravais que el decrecimiento de la intensidad es mas rápido en los Pirineos que en los Alpes (34).

Los resultados completamente opuestos á que ha llegado Quetelet, en un viaje de Ginebra á la garganta de Balme y al gran San Bernardo, hacen desear doblemente, si quiere resolverse la cuestion de un modo decisivo, que nos aislemos completamente de la superficie terrestre, y que volvamos al medio que Gay-Lussac empleaba desde el año de 1804, en compañía de Biot, el 24 de Agosto, otra

Digitized by Google

vez sólo el 16 de Setiembre, es decir, que se emprenda una série de ascensiones aereostáticas. Aun oscilaciones medidas á mas de 18,000 pies de altura no pueden enseñarnos nada nuevo de una manera cierta acerca de la fuerza magnética que se propaga en la atmósfera si no á condicion de corregir con gran exactitud la temperatura de las agujas, antes y despues de la ascension. Por no haber tomado esta precaucion, se habia deducido de las esperiencias de Gay-Lussac la consecuencia equivocada de que la fuerza terrestre permanecia la misma hasta la altura de 21,600 pies (35); mientras que por el contrario, teniendo en cuenta la disminucion producida en la longitud de la aguja por la temperatura de las regiones superiores del aire, la esperiencia comprobaba el decrecimiento de esta fuerza (36). El brillante descubrimiento, debido á Faraday, de la propiedad paramagnética del oxígeno no es de despreciar tampoco respecto del asunto que nos ocupa. Ese gran físico hace observar que en las altas capas de la atmósfera, la disminucion de la intensidad no se esplica únicamente por la distancia que separa esas capas del foco magnético, es decir, del cuerpo de la Tierra, sino que la rarefaccion del aire puede ser parte en este efecto, atendiendo á que la cantidad absoluta de oxígeno contenida en un pie cúbico de aire atmosférico varía con las diferentes capas del aire. Provisionalmente, creo que todo lo que puede decirse con fundamento, es que la propiedad paramagnética del oxígeno atmosférico va disminuyendo en razon de la altura y de la rarefacion del aire, y esta disminucion es una de las causas que concurren á modificar la intensidad magnética. Por otra parte, determinando los cambios de temperatura y de densidad, corrientes de aire ascendentes, debilitan la influencia ejercida por la rarefaccion del aire (37). Esas perturbaciones tienen un carácter variable y esencialmente local; obran en la atmósfera como las rocas en la superficie del

Digitized by Google

suelo. Cada vez que podemos congratularnos de un nuevo progreso en el análisis de la atmósfera y de sus propiedades físicas, reconocemos que la accion comun y variable de las fuerzas de la naturaleza está sometida á mas aventuras aun de las que habíamos supuesto, y esas aventuras nos aconsejan que seamos cada vez mas circunspectos en las conclusiones que deducimos de nuestras esperiencias.

La intensidad de la fuerza terrestre, medida en puntos determinados del globo, ofrece, como todos los fenómenos del magnetismo, variaciones horarias y variaciones seculares. Las variaciones horarias fueron claramente reconocidas en Port Bowen, en 1825, en el tercer viaje de Parry, por este hábil navegante y por el teniente Foster. El aumento de la intensidad, de la mañana á la tarde, ha sido, en las latitudes medias, objeto de las mas minuciosas investigaciones por parte de Christie, de Arago, de Hansteen, de Gauss y de Kupffer (38). Como las oscilaciones horizontales son preferibles á las de la aguja de inclinacion, á pesar del perfeccionamiento que este instrumento ha recibido, no puede esperarse que se obtengan las variaciones horarias de la intensidad total sin el mas exacto conocimiento de las variaciones horarias de la inclinacion. Las estaciones magnéticas levantadas en ambos hemisferios del Norte y del Sud tienen la ventaja considerable de proporcionar una inmensa cantidad de materiales al abrigo de toda sospecha. Basta, para dar una idea de esto, escoger dos puntos situados fuera de los trópicos, de ambos lados del ecuador y casi á igual distancia (39): Toronto, en el Canadá, á los 43° 39′ de latitud boreal, y Hobarton, en la Tierra de Diemen, á los 42° 53′ de latitud austral: la diferencia de los dos meridianos es próximamente de 15 horas. Las observaciones simultáneas, hechas en una de esas dos estaciones durante los meses de invierno, caen en la otra en los meses de verano. Las medidas tomadas en una parte, durante el dia,

Digitized by Google

pertenecen generalmente en la otra á la noche. La declinacion en Toronto es occidental y de 1° 33′; en Hobarton es oriental y de 9° 57′. La inclinacion en Toronto se dirige hácia el Norte y es igual á 75° 15′; en Hobarton se dirige hácia el Sud y es igual á 70° 34′. La intensidad absoluta de Toronto es de 13° 90′; la de Hobarton de 13° 56′. De esas dos estaciones tan felizmente escogidas (40), la del Canadá presenta, segun las investigaciones de Sabine, cuatro cambios de período; la de la Tierra de Diemen solamente dos. Con efecto, en Toronto, la variacion de intensidad tiene su principal máximum á las seis de la tarde y su mínimum principal á las dos de la mañana; un segundo máximo mas pequeño á las ocho de la mañana, y un mínimo mas pequeño dos horas despues; en Hobarton, por el contrario, no hay mas que una sola progresion decreciente de la intensidad, desde el máximo, que cae entre cinco y seis de la tarde, hasta el minimum, que se produce de ocho á nueve de la mañana, aunque la inclinacion tenga como en Toronto, cuatro cambios de período (41). Comparando los cambios de la inclinacion con los de la fuerza horizontal se ha comprobado que, en el Canadá, la fuerza total de la Tierra es mayor durante los meses de invierno, cuando el Sol está en los signos australes, que en los meses de verano. Así tambien, en la Tierra de Diemen, desde Octubre hasta Febrero, es decir, durante el verano del hemisferio austral, la intensidad escede del término medio anual; y es menor que este, por el contrario, desde el mes de Abril hasta el mes de Agosto. Segun Sabine, no son las diferencias de temperatura las que dan fuerza al magnetismo terrestre; este resultado se debe á que la Tierra, en esta parte de su órbita, está mas cerca del Sol, obrando como cuerpo magnético (42). En Hobarton, la intensidad absoluta es durante el verano del hemisferio austral, de 13,574, y durante el invierno, de 13,543. Lo que se sabe de las variaciones seculares de la intensidad no se

Digitized by Google

funda hasta aquí mas que en un pequeño número de observaciones. Parece que esta fuerza ha esperimentado alguna disminucion en Toronto. desde 1845 á 1849. La comparacion de las observaciones que hice en 1806 con las que ha recogido Rudberg en 1832 da para Berlin el mismo resultado (43).

INCLINACION.

El conocimiento de las curvas isoclínicas, en otros términos, el conocimiento del crecimiento mas ó menos rápido de la inclinacion, á partir del ecuador magnético, en donde la inclinacion es igual á 0, hasta los polos magnéticos del Norte y del Mediodía, en donde desaparece la fuerza horizontal, ha adquirido en estos últimos tiempos nueva importancia, merced á que la fuerza total de la Tierra no puede ser deducida de la intensidad horizontal, por exactas que sean las medidas, por otra parte, sin poseer la certeza acerca del valor de la inclinacion. Las nociones fijas que se tienen sobre la situacion de los dos polos magnéticos se deben al atrevimiento y actividad científica de un solo navegante. Ross ha determinado el lugar del polo Norte, durante la segunda espedicion de su tio Juan Ross, de 1829 á 1833 (44); el del polo Sud, en la espedicion antártica que dirigia él mismo de 1839 á 1843. El polo Norte magnético, situado á los 70° 5′ de latitud, 99° 5′ de longitud occidental, está 5 grados mas alejado del polo de rotacion de la Tierra, que el polo Sud magnético, situado á los 75° 5′ de latitud y 151° 48′ de longitud oriental. La diferencia de las longitudes entre los dos polos magnéticos es de 109 grados. El polo Norte pertenece á la gran isla Boothia Felix, próxima al continente americano, y que forma parte del país denominado desde un principio por el capitan Parry, North-Somerset; está situado á poca distancia de la costa occiden-

Digitized by Google

tal de la isla, no lejos del promontorio Adelaida que se adelanta entre King William's Sea y Victoria Strait (45). No ha sido posible tocar directamente en el polo Sud, como se habia tocado en el polo Norte. El 17 de Febrero de 1841, el Erebus se encontraba á los 76° 12′ de latitul austral y 161° 40′ de longitud oriental. La inclinacion no era aun mas que de 88° 40°, de donde se dedujo que se estaba á 160 millas marinas inglesas del polo magnético austral (46). Numerosas observaciones de declinacion, hechas con el mayor cuidado y destinadas á determinar la interseccion de los meridianos magnéticos, hacen suponer con gran verosimilitud que el polo austral se halla en la gran region polar antártica South Victoria Land, al Oeste de los Albert Mountains, que se unen al volcan activo del Erebus, de mas de 11,600 pies de altura.

He espuesto de un modo completo, en el primer tomo del *Cosmos* (47), la situacion del ecuador magnético y los cambios seculares que ha sufrido su forma. Sabine, fue el primero que determinó el nudo africano, es decir, el punto en donde el ecuador magnético corta al ecuador geográfico en esta parte del mundo, en 1822, al principio de la espedicion que emprendió relativa á las esperiencias del péndulo (48). Mas tarde, en 1840, el mismo sábio, comparando las observaciones de Duperrey, de Allen, de Dunlop y de Sulivan, trazó un mapa del ecuador magnético, que partiendo de Biafra, en la costa occidental del Africa, á los 4° de latitud boreal y 7° 10′ de longitud oriental, atravesaba el océano Atlántico y la parte del Brasil situada bajo el paralelo 16, entre Porto-Seguro y el Rio Grande, para volver á unir el punto de las Cordilleras en donde yo habia sorprendido, cerca del mar del Sud, el paso de la inclinacion setentrional á la inclinacion meridional (49). En 1837, el nudo africano se encontraba situado á los 0° 40′ de longitud oriental; en 1825, se habia comprobado su existencia á los

Digitized by Google

4° 35′. Así, pues, el nudo, cambiando de Este á Oeste, se habia alejado de la isla basáltica de Santo Tomas, de 7,000 pies de altura, con una velocidad algo menor que la de medio grado por año. Resulta de este movimiento que la línea sin inclinacion se encaminaba hácia el Norte, en la costa africana, mientras que, en la costa del Brasil, se inclinaba hácia el Sud. La salida convexa del ecuador magnético permanece en direccion hácia el polo Sud, y, en el Océano, deja en el máximum un intervalo de 16 grados entre ella y el ecuador geográfico. En el interior de la América meridional, en la *terra incognita* de Matto-Grosso, entre los grandes rios Xingu, Madera y Ucayal, las observaciones de inclinacion faltan completamente, hasta la cadena de los Andes. En esta cadena, 17 millas geográficas al Este del mar del Sud, entre Montan, Micuipampa y Caxamarca, he determinado astronómicamente, á los 7° 2′ de latitud austral, 81° 8′ de longitud occidental, la posicion del ecuador magnético que toma, en ese sitio, la direccion del Noroeste (50).

El trabajo mas completo que poseemos acerca de la situacion del ecuador magnético es el que hizo mi antiguo amigo Duperrey, para los años de 1823 y 1825. Atravesó seis veces este ecuador en sus viajes de circunnavegacion, y pudo, segun sus propias observaciones, trazar su desarrollo sobre una estension de mas de 220 grados (51). Los dos nudos están situados, segun el mapa de Duperrey, uno en el océano Atlántico, á los 3° 30′ de longitud oriental, el otro en el mar del Sud, entre los meridianos de las islas Viti y Gilbert, á los 175° de longitud oriental. Cuando el ecuador magnético ha abandonado las costas occidentales de la América del Sud, probablemente entre la Punta de la Aguja y Payta, se aproxima mas y mas, en la direccion Oeste, al ecuador geográfico, del cual queda á 2 grados, bajo el meridiano de las islas Mendaña (52). 10 grados mas al Oeste próxmimamente, bajo el meridiano que atravie-

Digitized by Google

sa la parte mas occidental de las islas Paumotu (Low Archipelago), á los 151° 30′, el capitan Wilkes encontró, en 1840, que la distancia entre los ecuadores era todavía de 2 grados de latitud (53). El segundo nudo no está, como se ha dicho, separado del nudo atlántico 180 grados, ni situado á 176° 30′ de longitud occidental, sino bajo el meridiano del grupo Viti, á 175° de longitud oriental próximamente, ó lo que es igual, á 185° de longitud occidental. Si, por consiguiente, partiendo de las costas occidentales del Africa, se toma la direccion Oeste, á través de la América del Sud, hállase la distancia indicada entre los dos nudos mayor de 8 grados y medio; lo que prueba que la curva del ecuador magnético no es de las mayores circunferencias de la esfera terrestre.

Segun las numerosas y escelentes determinaciones del capitan Elliot (1846-1849) que, entre los meridianos de Batavia y de Ceilan, se corresponden de un modo maravilloso con las de Blosseville, el ecuador magnético atraviesa la estremidad setentrional de Borneo, y corriendo casi exactamente de Este á Oeste, toca la punta Norte de Ceilan, á los 9° 45′ de latitud. En esta parte de su curso, la línea de menor intensidad total es casi paralela al ecuador magnético (54); pero mas lejos, el ecuador penetra en la parte oriental del continente africano, al Sud del cabo Guardafui. Ese importante punto ha sido determinado con gran precision por los cálculos de Rochet d'Hericourt, en su segundo viaje á la Abisinia (1842-1845), y por la ingeniosa discusion de que han sido objeto sus observaciones magnéticas (55). Vuélvese á encontrar el ecuador magnético al Sud de Gaubada, entre Angolola y Angobar, la ciudad principal del reino de Schoa, á los 10° 7′ de latitud, 38° 51′ de longitud oriental. El curso del ecuador magnético, en el interior del continente africano, desde Angobar hasta el golfo de Biafra, es por otra parte tan poco conocido

Digitized by Google

como en el interior de la América del Sud, al Este de la cadena de los Andes, y al Sud del ecuador geográfico. Esas dos regiones continentales, medidas de Este á Oeste, presentan casi la misma estension, y tomadas juntamente no ocupan menos de 80 grados de longitud; de donde resulta que cerca de una cuarta parte de la esfera terrestre se pierde para la observacion magnética. Las observaciones de inclinacion y de intensidad que yo mismo he hecho en el interior de la América meridional, desde Cumana hasta el Rio Negro, y desde Cartagena de Indias hasta Quito, comprenden solamente la zona tropical situada al Norte del ecuador geográfico; las que he recogido en el hemisferio del Sud, desde Quito hasta Lima, se limitan á la region vecina de la costa occidental.

La traslacion del nudo africano de Este á Oeste, entre los años 1825 y 1837, está confirmada por las observaciones de inclinacion de Panton de 1776, en la ribera oriental de Africa, comparadas con las de Rochet d'Hericourt. Encontró éste el ecuador magnético, mucho mas cerca del estrecho de Bab-el-Mandeb, un grado al Sud de la isla Socotora, á los 8° 40′ de latitud boreal. No ha habido, por consiguiente, en 49 años, mas que un cambio de 1° 27′ en latitud; pero en la misma época, Duperrey y Arago habian evaluado en 10° de longitud la traslacion de los nudos hácia el Oeste. La variacion secular de los nudos del ecuador magnético se ha producido, en la costa oriental del Africa que da frente al mar de las Indias, exactamente en la misma direccion que en la costa occidental; la cantidad del movimiento está aun por determinar.

Habíanse señalado ya los cambios periódicos de la inclinacion, pero solo desde hace doce años, á partir del momento en que se establecieron estaciones magnéticas en ambos hemisferios, merced al gobierno inglés, es cuando se ha fijado con certeza la duracion de los períodos.

Digitized by Google

Arago, á quien tanto debe la teoría del magnetismo, habia reconocido ciertamente, desde el otoño del año 1827, que la inclinacion es mayor á las nueve de la mañana que á las seis de la tarde, mientras que la intensidad, medida por las oscilaciones de una aguja horizontal, tiene su máximum á las seis de la tarde y su mínimum á las nueve de la mañana (56). En las estaciones magnéticas inglesas, ha quedado resuelta esta cuestion, así como la vuelta periódica de las variaciones horarias de la inclinacion, despues de muchos miles de esperiencias hechas y laboriosamente discutidas desde el año 1840. Esta es la ocasion de presentar reunidos los resultados que han llegado á ser los fundamentos de una teoría general del magnetismo terrestre; pero es preciso ante todo hacer notar que si se quieren conocer bien las oscilaciones, apreciables en el espacio, de los tres elementos del magnetismo terrestre, es preciso, con Sabine, distinguir en los cambios de período (turning hours) que determinan el máximum y el mínimum, las grandes oscilaciones de donde nacen las desviaciones estremas, y las pequeñas oscilaciones, especie de intermediarios que la mayor parte de las veces no son menos regulares que las otras. Los movimientos periódicos de la inclinacion y de la declinacion, así como las variaciones en la intensidad de la fuerza total, ofrecen, por consiguiente, máximos y mínimos principales y máximos y mínimos secundarios, que están reunidos ordinariamente, es decir, que en los casos mas ordinarios, hay, por una parte, una doble progresion con cuatro cambios de período, y por la otra, una progresion simple con dos cambios de período; en otros términos, un solo máximo y un solo mínimo. Así es en Hobarton, en la Tierra de Diemen, la intensidad de la fuerza total sigue una progresion simple, mientras que hay doble progresion en la inclinacion, y en un punto del hemisferio boreal que corresponde á la situacion de Hobarton, en

Digitized by Google

Toronto, ambos elementos, la intensidad y la inclinacion, siguen una progresion doble (57). En el cabo de Buena-Esperanza tampoco hay mas que un solo máximum y un solo mínimum de inclinacion. A continuacion doy el cuadro de los cambios periódicos horarios de la inclinacion magnética.

HEMISFERIO DEL NORTE.

Greenwich:—máximum, 9 de la mañana); mínimun, á las 3 de la tarde (véase Airy, *Observaciones* en 1845, p. 21; 1846, p. 113; 1847, p. 217). En 1847, el término medio de la inclinacion era, á las 9 de la mañana, 68° 59', 8, á las 3 de la tarde, 68° 58', 6. Si se considera no ya la variacion horaria, sino la variacion mensual, el máximun cae en los meses de abril, de mayo y de junio; el mínimum, en octubre, noviembre y diciembre.

Paris:—máx., 9 de la mañana; mín., 6 de la tarde. La progresion simple de Paris y de Greenwich se reproduce en el cabo de Buena-Esperanza.

Petersburgo:—máx., 8 de la mañana; mín., 10 de la noche. Como en Paris, en Greenwich y en Pekin, la variacion de la inclinacion es menor en los meses frios. El máximum vuelve con mas regularidad á la hora indicada que el mínimum.

Toronto, (Canadá):—máx., principal, 9 de la mañana; mín. princ., 4 de la tarde; 2.° máx., 10 de la noche; 2.° mín., 6 de la mañana. Véase Sabine, *Toronto*, 1840-1842, t. I, p. LXI.

HEMISFERIO DEL SUD.

Hobarton (isla de Diemen):—mín., princ., 6 de la mañana; máximum princ., 11 y 1/2 de la mañana; 2.° mín., 5 de la tarde; 2.° máx., 10 de la noche, (véase Sabine, *Hobarton*, t. I, p. LXVII). La inclinacion es, en verano, cuando el Sol está en los signos australes, de 70° 36', 74; y en invierno, cuando el Sol se detiene en los signos boreales, de 70° 34',66. El término medio anual, resultante de seis años de observacion es de 70 grados 36', 01. La intensidad es mayor tambien en Hobarton, desde el mes de octubre al mes de febrero que desde el mes de abril al de agosto. (Véase Sabine, *Hobarton*, t. II, p. XLIV y XLVI.

Cabo de Buena-Esperanza:—progresion simple, mín., 34' medio dia, máx., 8 y 34' de la tarde, con muy pequeñas oscilaciones intermedias entre 7 y 9 de la mañana. Véase Sabine, *Cape Observat.*, 1841-1850, p. LIII.

Digitized by Google

Segun los resultados manifestados en este cuadro y espresados en tiempos de cada lugar, los máximos de las inclinaciones concuerdan maravillosamente, sobre todo en el hemisferio del Norte: en Toronto, en París, en Greenwich, en Petersburgo; todos caen entre ocho y diez de la mañana. Los mínimos, aunque haya entre ellos mas desviacion, se reproducen siempre despues del medio dia ó por la tarde á las cuatro, seis y diez. Causa esto tanta mayor sorpresa, cuanto que en uno de los cinco años, durante los cuales se recogieron en Greenwich, en 1845, observaciones muy precisas, el máximum y el mínimum estuvieron invertidos. El término medio anual de la inclinacion era, á las 9 de la mañana, 68° 56′,8, y á las 3 de la tarde, 68° 58′,1.

Si se comparan las dos estaciones correspondientes de acá y allá del ecuador, Toronto y Hobarton, se nota un gran intervalo entre los cambios de período del mínimum principal de la inclinacion (4 de la tarde y 6 de la mañana); pero hay uno muy pequeño por el contrario entre los cambios de período del máximum principal (10 y 11 $^1/_2$ de la mañana). La hora del mínimum principal, en Hobarton (6 de la mañana), es la del mínimum secundario en Toronto. En ambas localidades, los dos máximos ocurren á las mismas horas (10 y 11 $^1/_2$ de la mañana, y 10 de la noche). Los cuatro cambios de período de la inclinacion son, pues, casi exactamente los mismos en Toronto y en Hobarton (4 ó 5 de la tarde, 10 de la noche, 6 y 10 ú 11 $^1/_2$ de la mañana). Este juego complicado de las fuerzas interiores de la Tierra es digno de séria atencion. Si comparamos ahora Hobarton y Toronto, bajo la doble relacion de los cambios de período de la intensidad y de la inclinacion, se nota que en Hobarton, en el hemisferio del Sud, el mínimum de la intensidad total es posterior solo en dos horas al mínimum principal de la inclinacion, mien-

Digitized by Google

tras que el intervalo de los máximos es de seis horas, y que por el contrario, en Toronto, en el hemisferio del Norte, el mínimum de la intensidad precede ocho horas al máximum principal de la inclinacion, mientras que el máximum de la intensidad está separado del mínimum de inclinacion por dos horas solamente (58).

La periodicidad de la inclinacion en el cabo de Buena-Esperanza no está conforme ni con la de Hobarton situado en el mismo hemisferio, ni con la de punto alguno del hemisferio setentrional. El mínimum de la inclinacion se produce en esta region á la hora en que la aguja llega al máximum en Hobarton.

Para determinar la variacion secular de la inclinacion, es necesario disponer de una larga série de observaciones, todas igualmente exactas. No se podria, por ejemplo, remontarse confiadamente hasta los viajes de circunnavegacion de Cook, aunque en su última espedicion, haya invertido constantemente los polos, porque hay frecuentemente entre sus evaluaciones y las de Bayley, en el mar del Sud, diferencias de 40 á 54 minutos, que dependen probablemente de la imperfeccion de los aparatos y de la dificultad con que se movia la aguja. Para Lóndres, no se va apenas mas allá de las observaciones recogidas por Sabine, en el mes de Agosto de 1821, observaciones que, comparadas á las escelentes determinaciones colectivas de Mayo de 1838, de Ross, Sabine y Fox, dan una disminucion anual de 2′,73. Lloyd, con instrumentos no menos exactos, pero en un espacio de tiempo mas breve, habia hallado, en Dublin, 2′38, resultado que se acomoda mucho al primero (59). En París, donde la disminucion anual de la inclinacion está en descenso, esta disminucion es mayor aun que en Lóndres. Los muy ingeniosos métodos, imaginados por Coulomb para determinar la inclinacion, habian, sin embargo, llevado al autor á resultados erróneos. La primera

Digitized by Google

esperiencia, hecha en el Observatorio de París con un escelente instrumento de Lenoir, data de 1798. Entonces encontré con Borda, despues de observaciones muchas veces repetidas, 69° 51′,0; en 1810, con Arago, hallé 68° 50′,2; en 1826, con Mathieu, 67° 56′,7; en 1841, Arago contó 67° 9′,0; en 1851, Laugier y Mauvais obtuvieron 66° 35′, siempre por el mismo método y con instrumentos de igual precision. Este período que escede de medio siglo (1798-1851), da para París una disminucion media anual de 3′69. Las épocas intermedias producen los resultados siguientes:

1798-1810.	5′,06
1810-1826.	3′,37
1826-1841.	3′,13
1841-1851.	3′,40

El decrecimiento de la inclinacion disminuyó mucho de 1810 á 1826, aunque de una manera progresiva. Observaciones hechas con el mayor cuidado por Gay Lussac, en 1806, á su regreso de Berlin, á donde me habia acompañado de vuelta de nuestro viaje á Italia, dieron 69° 12′, lo que supone desde 1798 á 1806, una disminucion anual de 4′,87. A medida que el nudo del ecuador magnético se aproxima al meridiano de París, en su movimiento secular de Este á Oeste, la disminucion parece irse debilitando. Háse producido este efecto, en medio siglo, en la proporcion de 5′,08 á 3′,40. Poco tiempo antes de mi espedicion á la Siberia, en el mes de Abril de 1829, habia reunido y comparado, en una Memoria presentada á la Academia de Berlin, los diferentes puntos sobre los cuales hice yo mismo observaciones, siempre, puedo decirlo, con la propia exactitud (60). Sabine ha medido la inclinacion y la intensidad en la Habana, 25 años despues que yo, lo cual, para esta region tropical, es ya un intervalo de

Digitized by Google

tiempo considerable, y ha determinado la variacion de esos dos importantes elementos del magnetismo terrestre. Por último, en 1831, Hansteen ha investigado y discutido la variacion anual de la inclinacion en ambos hemisferios, en un trabajo digno de elogio, mas completo que el mio (61).

Mientras que las observaciones del capitan Belcher, 1838, comparadas con las recogidas por mí en 1803 (62), revelaban cambios considerables de la inclinacion, á lo largo de las costas occidentales de la América, entre Lima, Guayaquil y Acapulco, y daban resultados tanto mas preciosos cuanto que era mayor el espacio de tiempo que abarcaban, reconocíase que, en otros puntos del mar del Sud, ese cambio secular de la inclinacion habia sido de una lentitud sorprendente. En Otahiti, Bayley ha encontrado, en 1773, 29° 43′; Fitzroy, en 1835, 30° 14′; Belcher, en 1840, 30° 17′. Por lo tanto, en 67 años, la variacion media anual ha sido apenas de 0′,51 (63). El concienzudo observador Sawelieff, recorriendo el Norte del Asia, desde Casan á las orillas del mar Caspio, 22 años despues de mi estancia en esas regiones, ha encontrado la inclinacion muy desigualmente cambiada al Norte y al Sud del paralelo 50 (64). Véase el cuadro comparativo de sus resultados y de los mios:

	Humboldt. 1829.	Sawelieff. 1851.
Casan.	68°36′,7	68°30′,8
Saratow. . . .	64°40′,9	64°48′,7
Sarepta. . . .	62°15′,9	62°39′,6
Astrakan. . . .	59°58′,3	60°27′,9

Respecto del cabo de Buena-Esperanza, se tiene una larga série de observaciones, y de observaciones muy satisfactorias, limitándose al período de cincuenta años que media desde la espedicion de Vancouber, en 1791, hasta las de Ross y de Dupetit-Thouars, en 1840 (65).

Digitized by Google

El problema de si la elevacion del suelo, puede por sí misma, influir de una manera sensible y cierta sobre la inclinacion y la intensidad magnéticas ha sido para mí objeto de muy detenido exámen, en mi esploracion por la cadena de los Andes, el Ural y el Atlas (66). Antes he hecho observar, al ocuparme de la intensidad, que desgraciadamente pocas localidades están en las condiciones necesarias para suministrar un elemento seguro para la solucion de este problema. Rara vez con efecto, la distancia de los puntos que se comparan es bastantemente poco considerable para no dar lugar á sospechar que la diferencia de la inclinacion puede provenir, no de la elevacion del suelo, sino de la curvatura de las líneas isodinámicas é isoclínicas, ó de una gran diferencia en la naturaleza de las rocas. Me limitaré pues á indicar cuatro resultados principales que, en los lugares mismos donde los he recogido, me han parecido demostrar la influencia de la altura sobre la inclinacion de la aguja imantada de una manera mas convincente que pueden hacerlo las observaciones de intensidad.

Silla de Caracas, elevada casi perpendicularmente 8,100 pies sobre las costas de la Guayra, al Sud y á una muy pequeña distancia de la ribera, al Norte de la ciudad de Caracas: altura 8,100 pies, inclinacion: 41°,90; *la Guayra*: altura 10 pies, inclinacion, 42°,20; *Caracas*: altura en las orillas del Rio-Guayra, 2,484 pies, inclinacion, 42°,95. Véase Humboldt, *Viaje á las regiones equinocciales*, t. I, p. 612.

Santa Fé de Bogota: altura, 8,196 pies, inclinacion 27°,15: Capilla de Nuestra Señora de Guadalupe, colocada encima de la ciudad en una roca; altura, 10,128 pies, inclinacion, 26°,80.

Popayan: altura, 5,466 pies, inclinacion, 23°,25; pueblo de Puraz en la pendiente del volcan: altura, 8,136 pies, inclinacion, 21°,80; vértice del volcan de Puraz: altura, 13,650 pies, inclinacion, 20°,30.

Quito: altura, 8,952 pies, inclinacion 14°,85; valle de San Antonio de Lulumbamba, atravesado por el ecuador geográfico: altura, 7,650 pies, inclinacion ,16°,02, (las inclinaciones están espresadas aquí en grados centesimales).

Apenas me atrevo á mencionar las observaciones que he

Digitized by Google

recogido en el hospicio de Saint-Gothard (altura 6,650 pies, inclinacion, 66° 12′), y la comparacion que he hecho con Airolo (altura 3,502 pies, inclinacion, 66° 54′), y con Altorf (inclinacion, 66° 55′); como tampoco los resultados siguientes que parecen contradecir á los primeros: Lans le Bourg (inclinacion, 66° 9′), hospicio del Mont-Cenis (altura, 6,358 pies, inclinacion, 66° 22′), y Turin (altura, 707 pies, inclinacion, 66° 3′); ó los que he recogido, tanto en Nápoles, en Portici y en el cráter del Vesubio, como en Bohemia en el vértice del gran Milischarer, formado de fonolita (inclinacion, 67° 53′ 5″) que he comparado con Teplitz (inclinacion. 67° 19′,5), y con Praga (inclinacion, 66° 47′,6). Esas espariencias pueden parecer poco concluyentes, en razon á las distancias relativas y á la influencia de las montañas vecinas (67). En 1844, Bravais, Martins y Lepileur, que hacian observaciones acerca de la intensidad horizontal, las cuales se publicaron despues acompañadas de gran número de detalles, y comparaban entre sí, treinta y cinco estaciones, entre las cuales están el vértice del Mont-Blanc (14,809 p), el del gran San Bernardo (7,848) p) y el de Faulhorn (8,175 p), se dedicaron tambien á esperiencias de inclinacion, en la gran meseta del Mont-Blanc (12,097 p) y en el valle de Chamounix (3,201 p). Si la comparacion de esos resultados probaba en definitiva, la influencia de la elevacion del suelo sobre el decrecimiento de la inclinacion magnética, habia sin embargo, entre aquellas observaciones algunas, tales como las de Faulhorn y de Brienz (1,754 p) que presentaban á la inclinacion creciendo con la altura. Asi que, ni para la intensidad horizontal ni para la inclinacion, se habia obtenido solucion satisfactoria del problema (68). En una Memoria manuscrita de Borda, sobre su espedicion de 1776 á las islas Canarias, que se conserva en París en el Depósito de Marina, y cuyo conocimiento debo á la atencion del almi-

Digitized by Google

rante Rosily, he encontrado la prueba de que Borda habia sido el primero en buscar la influencia de una elevacion considerable, en la inclinacion magnética. Halló que la inclinacion es en el pico de Tenerife 1° 15′ mayor que en el puerto de Santa Cruz. Esta diferencia dependia ciertamente de la atraccion local de las lavas, que he observado con frecuencia en el Vesubio y en los volcanes de la América (69).

Con el fin de reconocer si, como las alturas, influyen las profundidades en la inclinacion, hice un ensayo durante mi permanencia en Freiberg, en el mes de julio de 1828, con todo el cuidado de que soy capaz, é invirtiendo á cada esperiencia los polos. Escogí el pozo de Churprinz, despues de haberme asegurado, por un detenido exámen, que la roca formada de gneis, no ejercia influencia alguna sobre la aguja imantada. A una profundidad de 802 pies bajo de tierra, encontré que la diferencia entre la inclinacion subterránea y la de un punto situado directamente encima, en la superficie del suelo, no escedia de 2′,06. Tal fue sin embargo el cuidado con que la esperiencia fue hecha que creo poder deducir de los resultados de cada aguja, consignados mas adelante en una nota (70), que la inclinacion es mayor en el pozo de Churprinz que en la superficie de la montaña. De desear es que se presente ocasion para renovar esas esperiencias en minas respecto de las cuales exista el convencimiento de que las rocas próximas no pueden tener accion alguna local, y á profundidades suficientes para que los resultados sean decisivos; citaré por ejemplo, los pozos de minas de Valenciana, cerca de Guanaxuato, en Méjico, que están abiertos á 1 582 pies debajo de tierra, las hulleras inglesas que tienen mas de 1,800 pies, y el pozo del Asno hoy abandonado, cerca de Kuttenberg en Bohemia, que penetra en la tierra á una profundidad de 3 545 pies (71).

Cuando el violento temblor de tierra de Cumana, el 4

Digitized by Google

de Noviembre de 1799, hallé disminuida la inclinacion en 90 minutos centesimales, cerca de un grado. Las circunstancias en que comprobé este resultado, y cuyo detalle exacto he dado, no permiten en equidad sospecha de error (72). Poco tiempo despues de mi llegada á Cumana, habia comprobado que la inclinacion era de 43°,53 de la division centesimal. Algunos dias antes del temblor de tierra, habia visto por casualidad espresada, en una obra española, preciosa por otra parte, el *Tratado de Navegacion* de Mendoza (73), la opinion equivocada de que las variaciones horarias y mensuales de la inclinacion eran mas fuertes que las de la declinacion; y esto me dió motivo para instituir una larga serie de esperiencias en el puerto de Cumana. Del 1.° al 2 de Noviembre, el término medio de la inclinacion se mantuvo constantemente á 43°,65. El instrumento, convenientemente nivelado, permaneció en el mismo lugar, sin que lo tocase nadie. El 7 de Noviembre, tres dias despues de las grandes sacudidas, el instrumento nivelado de nuevo, dió 42°,75. La intensidad magnética, medida por las oscilaciones verticales, no habia cambiado. Esperaba que la nclinacion volveria insensiblemente á su primitivo estado; pero permaneció constantemente la misma. En el mes de setiembre de 1800, despues de haber seguido por agua y tierra el curso del Orinoco y del Rio Negro, en una estension mayor de 500 millas geográficas, el instrumento de Borda, que llevaba conmigo en esta espedicion, marcó 42°,80; igual resultado que antes de mi viaje. Como los movimientos mecánicos y las descargas eléctricas comunican la propiedad polar al hierro dulce, cambiando su estado molecular, podrian suponerse ligadas entre sí, la direccion de las corrientes magnéticas y las de los quebrantamientos terrestres. Pero habiendo prestado gran atencion al sitio de esos fenómenos, cuya realidad no tenia motivo de sospechar en 1799, no he vuelto á ver jamás, en los innumerables

Digitized by Google

temblores de tierra de que he sido testigo, durante una estancia de tres años en la América del Sud, un cambio repentino de la inclinacion, imputable á esas sacudidas, cualquiera que fuese la direccion de las ondulaciones terrestres. Un observader muy exacto y de gran saber, Erman, no ha hallado tampoco, despues de un temblor de tierra en las orillas del lago Baikal (8 de Marzo de 1828) ninguna perturbacion en la declinacion magnética ni en el curso de sus variaciones periódicas (74).

DECLINACION.

El tercer elemento del magnetismo terrestre, la declinanacion, es el que se conoce de mas antiguo. Hánse visto precedentemente los orígenes históricos de este descubrimiento. En el siglo XII de nuestra era, los Chinos sabian no solo que una aguja magnética horizontal, suspendida de un hilo de algodon, forma ángulo con el meridiano geográfico, sino que sabian tambien medir la amplitud de esta declinacion. Desde el año 1436, cuando, merced á las relaciones de los pilotos chinos con los Malayos y los Indios, y de estos con los Arabes y los Moros, el uso de la brújula se hubo estendido por la cuenca del Mediterráneo, entre los Mallorquines y los Catalanes, en la costa occidental del Africa y en las altas regiones del Norte, las indicaciones de la *variacion* magnética fueron trazadas en los mapas marinos, para diferentes partes de los mares (75). En 1492, el 13 de Setiembre, Colon reconoció una línea sin declinacion, es decir, en la que la aguja imantada se dirigia hácia el verdadero Norte, llamado de otro modo el polo de rotacion, y desde esta época comprendió que el conocimiento de la declinacion podia servir para determinar las longitudes geográficas. He probado en otra parte con el Diario del Almirante que, en el segundo viaje que emprendió en el mes de Abril de 1496,

Digitized by Google

cuando era dudosa la direccion de su navío, trató de orientarse por observaciones de declinacion (76). Las variaciones horarias de la declinacion fueron observadas en Luvo, en el reino de Siam, por Hellibrand y el Padre Tachard, pero simplemente como hechos materiales; Graham las estudió primero que nadie en 1722, detalladamente y de una manera casi satisfactoria. Por último, Celsius las utilizó para medir en comun y de una vez la distancia de dos puntos separados considerablemente (77).

Pasando á los fenómenos mismos de la declinacion, examinaremos primero las variaciones que en ellos producen las diferentes horas del dia y de la noche, asi como las estaciones del año, y el término medio anual que de aquí resulta; despues trataremos de la influencia que ejercen en estos cambios las perturbaciones estraordinarias, aunque periódicas, y la posicion de los lugares al Norte ó al Sud del ecuador magnético; y por último, estudiaremos las relaciones lineales que unen entre sí los puntos de la superficie terrestre en que la declinacion es nula, ó que tienen la misma declinacion. Estas relaciones lineales son, bajo el punto de vista de la aplicacion práctica, el elemento mas útil para los cálculos de bordo y para la navegacion en general; pero todos los fenómenos del magnetismo están tan íntimamente relacionados entre sí, incluso los mas misteriosos, las perturbaciones estraordinarias ó tempestades magnéticas que con frecuencia se producen simultáneamente á inmensas distancias, que, para completar gradualmente la teoría matemática del magnetismo terrestre, es preciso no despreciar absolutamente ninguno.

En las latitudes medias del hemisferio magnético boreal, la estremidad Norte de la aguja imantada se aproxima mas á la direccion Norte, á las 8 y $^1/_4$ de la mañana. Desde las 8 y $^1/_4$ hasta la 1 y $^3/_4$ de la tarde, la aguja se mueve de Este á Oeste, hasta que alcanza su punto mas occidental.

Digitized by Google

Este movimiento hácia Oeste es universal en todas las regiones del hemisferio setentrional, ya sea occidental la declinacion, como en Europa, en Pekin, en Nertschinsk y en Toronto en el Canadá, ya sea oriental, como en Kasan, en Sitka en la América rusa, en Washington, en Marmato en la Nueva Granada, y en Payta en la costa del Perú (78). A partir de la 1 $^1/_4$ y del punto mas occidental, la aguja prosigue su marcha hácia el Este durante la tarde y una parte de la noche hasta las 12 ó la 1 de la mañana, haciendo generalmente una pequeña pausa hácia las 6 de la tarde. Por la noche, retrograda la aguja débilmente hácia el Oeste, hasta que alcanza su mínimum de desviacion, ó en otros términos su punto de parada oriental, á las 8 $^1/_4$ de la mañana. En otro tiempo, este período de la noche pasaba completamente desapercibido; y solo se habia observado, en el intervalo de la 1 $^3/_4$ á las 8 $^1/_4$ de la mañana, una vuelta progresiva y no interrumpida de Oeste á Este. En Roma me he ocupado mucho de esos movimientos casi imperceptibles, haciendo con Gay-Lussac un trabajo sobre las variaciones horarias de la declinacion, con el telescopio magnético de Prony. Como la aguja es en general mas movible, mientras que el Sol está debajo del horizonte, es mas difícil conocer el pequeño movimiento nocturno hácia el Oeste. Cuando se destaca con claridad, no le he visto acompañado de ninguna oscilacion instable. Al contrario de lo que sucede en las tempestades magnéticas, la aguja, al aproximarse al Oeste, procede por ciertos intervalos, exactamente lo mismo que en el período diurno de las 8 $^1/_4$ á la 1 $^1/_4$. Es de notar que cuando la aguja, despues de haberse adelantado regularmente hácia Oeste, vuelve de nuevo al Este ó *vice-versa*, no hay intervalo alguno entre los dos movimientos, cambiando súbitamente de direccion, especialmente en el período diurno de las 8 $^1/_4$ á la 1 $^3/_4$. Generalmente, el pequeño movimiento hácia el

Digitized by Google

Oeste empieza despues de media noche; ha sido, sin embargo, observado en Berlin y en las minas de Freiberg, asi como en Greenwich, en Makerstoun en Escocia, en Washington y en Toronto, desde las 10 y 11 de la noche.

Despues de muchos miles de observaciones horarias, los cuatro movimientos de la aguja que he comprobado en 1805 (79) han sido referidos, en la bella coleccion de las observaciones de Greenwich (1845-1847), á los cuatro cambios de período siguientes (80): 1.er mínimum de desviacion, 8 de la mañana; 1.er máximum, 2 de la tarde; 2.° mínimum, medio dia; 2.° máximum, 2 ó 4 de la tarde. Debo limitarme aquí á indicar los estados medios, y á llamar la atencion hácia la circunstancia de que el mínimum principal (8 de la mañana) no está modificado en modo alguno, en nuestra zona setentrional, por la salida mas ó menos tardía del Sol. Observando con Oltmanns las variaciones horarias durante dos solsticios y tres equinoccios, y prolongando las esperiencias á cada repeticion durante cinco ó seis dias y otras tantas noches, he encontrado que la mayor declinacion oriental estaba fija invariablemente entre las 7 $^3/_4$ y las 8 $^1/_4$ de la mañana, en verano como en invierno, y que la salida mas matinal del Sol no adelantaba este momento sino de una manera apenas sensible (81).

En las altas latitudes setentrionales, próximas al círculo polar, y entre este círculo y el polo de rotacion, no ha sido posible comprobar hasta aquí de una manera satisfactoria la regularidad de la declinacion horaria, aunque se hayan hecho un cierto número de observaciones muy exactas. La accion local de las rocas y la frecuencia de las auroras boreales, que de cerca ó de lejos, perturban la marcha de la aguja imantada, inspiraron escrúpulos á Lottin, durante la espedicion científica francesa de *la Lilloise* (1836); temiendo sacar de sus propias y laboriosas investigaciones, como del trabajo del sabio Lœwenœrn, que data de 1786,

Digitized by Google

consecuencias formales sobre los cambios de período. En general sin embargo, segun las observaciones del misionero Genge, el mínimum de la declinacion occidental caia en Reikjavik en Islandia (lat. 64° 8′) y en Godthaab, en la costa de la Groenlandia, casi como en las latitudes medias, hácia las 9 ó las 10 de la mañana; pero el máximum parecia no producirse hasta las 9 ó las 10 de la noche (82). Mas al Norte, en Hammerfest, en el Finmark (lat. 70° 40′), Sabine ha comprobado que la aguja señalaba con bastante regularidad su mínimum de desviacion occidental á las 9 de la mañana, su máximum occidental á la 1 $^1/_2$ de la tarde, como en el medio dia de la Noruega y en Alemania (83); pero halló en Spitzberg (lat. 79° 50′) un resultado muy diferente: el mínimum occidental caia en las 6 de la mañana, el máximum occidental en las 7 $^1/_2$ de la tarde. Respecto de las islas del polo ártico, tenemos una bella série de observaciones, recogidas durante 5 meses en Port-Bowen, en la costa oriental de la isla del Príncipe-Regente, por los tenientes Foster y Ross, durante el tercer viaje del capitan Parry (1825); pero aunque en 24 horas pasase la aguja dos veces por el meridiano, considerado como el meridiano magnético medio del lugar, y durante dos meses enteros, Abril y Mayo, no se haya visto aurora boreal, la duracion de las elongaciones principales variaban de 4 á 6 horas, y desde Enero hasta Mayo no habia por término medio mas que una hora de intervalo entre los máximos y mínimos de la declinacion occidental. Dias se vieron en que la amplitud de la declinacion se elevó de 1° $^1/_2$ hasta 6 ó 7 grados, mientras que, bajo los trópicos, alcanza apenas el mismo número de minutos (84). La complicacion que existe, junto al círculo polar, en las variaciones horarias de la declinacion magnética, se encuentra tambien cerca del Ecuador. En Bombay por ejemplo, á 18° 56′ de latitud boreal, las variaciones horarias se dividen en dos clases muy dife-

Digitized by Google

rentes, desde Abril á Octubre, y de Octubre á Diciembre; cada una de esas clases se subdivide en dos períodos cuya fijacion aun está por hacer (85).

Solo á partir de la segunda mitad del siglo XV, y merced á los atrevidos viajes de Diego Cam y de Martin Behain, de Bartolomé Diaz y de Vasco de Gama, pudieron los Europeos adquirir por sí mismos un conocimiento incompleto todavía de la direccion de la aguja imantada, en el hemisferio austral. Pero desde el siglo III de la era cristiana, los Chinos, como los habitantes de Corea y de las islas del Japon, se guiaron, aun en el mar, por la brújula. La importancia que, segun las narraciones de sus escritores mas antiguos, concedian al polo Sud, se fundaba principalmente en la circunstancia de que su navegacion se dirigia especialmente hácia el Sud y el Sud-oeste. Habian observado en sus viajes, que la estremidad de la aguja que les servia de guia no estaba exactamente dirigida hácia el polo Sud, y hasta habian medido la amplitud de la *variacion* hácia el Sud-Este. Conocemos una de esas determinaciones que data del siglo XII (86). La aplicacion y estension de este recurso tan útil á las empresas marítimas favorecieron las relaciones muy antiguas de la China con la India y con Java, como las travesías mas lejanas de los Malayos y su establecimiento en Madagascar (87).

Aunque á juzgar por la situacion actualmente muy setentrional del ecuador magnético, sea probable que la ciudad de Luvo, en el reino de Siam, estuviese muy próxima del límite del hemisferio magnético boreal, cuando en 1682 el misionero Guy Tachard observaba allí las variaciones horarias de la declinacion, es preciso sin embargo reconocer que ese fenómeno no fué conocido con exactitud en el hemisferio magnético austral hasta un siglo despues. Macdonald siguió la marcha de la aguja imantada durante los años de 1794 y 1795, en el fuerte Marl-

Digitized by Google

borough, en la costa Sud-Oeste de Sumatra y en Santa Elena (88). Los resultados que obtuvo llamaron la atencion de los físicos hácia la amplitud decreciente de las variaciones diurnas en las bajas latitudes. La elongacion no escedia de 3 á 4 minutos. Las espediciones científicas de Freycinet y de Duperrey han permitido abarcar un número mas considerable de hechos y profundizar mejor esos fenómenos; pero no se ha llegado á estar verdaderamente en posesion de datos generales y completos, sino por el establecimiento de estaciones magnéticas en tres puntos importantes del hemisferio austral, en Hobarton en la Tierra de Van-Diemen, en Santa Elena y en el cabo de Buena-Esperanza, en donde hace diez años se observan de hora en hora, y segun métodos uniformes, las variaciones de los tres elementos del magnetismo terrestre. La aguja imantada tiene, en las latitudes medias del hemisferio magnético austral, una marcha precisamente opuesta á la que sigue en las zonas correspondientes del hemisferio boreal. Marchando la estremidad Sud de la aguja de Este á Oeste, desde la mañana hasta el medio dia, resulta evidentemente que la estremidad Norte verifica un movimiento de Oeste á Este.

Sabine, á quien debemos una discusion ingeniosa de todas esas variaciones, ha reunido las observaciones hechas de hora en hora durante cinco años en Hobarton (lat. aust. 42° 53′; declin. orient. 9° 57′) y en Toronto (lat. bor. 43° 39′; declin. occid. 1° 33′), de tal manera, que se distinguen con claridad los dos períodos del mes de Octubre al mes de Febrero, y del mes de Abril al mes de Agosto. Los meses intermedios, Marzo y Setiembre, presentan, por decirlo así, fenómenos de transicion. En Hobarton, la estremidad Norte de la aguja señala dos máximos de elongacion oriental y dos máximos de elongacion occidental (89). De Octubre á Febrero, se dirige hácia el Este, entre 8 ó 9 de la mañana y 2 de la tarde, para retrogradar un poco hácia el

Digitized by Google

Oeste desde las 2 hasta las 11; de 11 de la noche á 3 de la mañana, recobra su marcha hácia el Este y vuelve nuevamente al Oeste desde las 3 á las 8 de la mañana. En el período que media desde el mes de Abril al mes de Agosto, los puntos orientales de regreso se retrasan hasta las 3 de la tarde y 4 de la mañana; los puntos occidentales de regreso se adelantan por el contrario, y se producen á las 10 de la mañana y á las 11 de la noche. En el hemisferio magnético boreal, el movimiento hácia el Oeste, que se verifica de 8 de la mañana á 1 de la tarde, es mas sensible en verano que en invierno; en el hemisferio austral, donde, entre los cambios de período indicados antes, los movimientos se ejecutan en sentido contrario, se ha reconocido que la amplitud de la elongacion es mayor, cuando el Sol está en los signos meridionales que cuando atraviesa los signos setentrionales.

La cuestion que hace siete años presenté en el Cuadro general de la Naturaleza (90), de si existe sobre la Tierra una region, intermedia quizás entre el ecuador terrestre y el ecuador magnético, en donde la variacion horaria de la declinacion sea nula, antes de que la estremidad Norte de la aguja pase á la direccion opuesta, parece deberse resolver negativamente segun esperiencias mas recientes, y sobre todo despues de las ingeniosas discusiones de Sabine, respecto de las observaciones recogidas en Singapore (lat. bor. 1° 17′), en Santa Elena (lat. austr. 15° 56′) y en el cabo de Buena-Esperanza (lat. austr. 33° 56′). No se ha reconocido hasta ahora punto alguno sin variacion horaria de la declinacion, y las contínuas observaciones de las estaciones magnéticas han producido el descubrimiento, tan importante como inesperado, de que hay dos lugares en el hemisferio magnético austral en donde las oscilaciones horarias de la declinacion participan alternativamente de los fenómenos distintivos

Digitized by Google

de los dos hemisferios. La isla de Santa Elena está situada muy cerca de la línea de menor intensidad magnética que, en esos sitios, se aleja considerablemente del ecuador terrestre y de la línea sin inclinacion. En esta isla, la marcha de la estremidad Norte de la aguja imantada está exactamente opuesta, desde el mes de Mayo hasta el mes de Setiembre, á la que sigue, á las mismas horas, de Octubre á Febrero. Segun cinco años de observaciones horarias, desde Mayo á Setiembre, que son los meses de invierno del hemisferio austral, es decir, cuando el Sol está en los signos setentrionales, la estremidad Norte de la aguja señala la mayor declinacion oriental, á las 7 de la mañana. A partir de este momento, recobra su marcha hácia el Oeste hasta las 10 de la mañana, como en las latitudes medias de la Europa y de la América del Norte, y se estaciona en esta direccion hasta las 2 de la tarde. Por el contrario, durante los meses de Octubre á Febrero, que constituyen la estacion de verano, cuando el Sol está en los signos meridionales, y lo mas cerca posible de la Tierra, la menor elongacion occidental tiene lugar á las 8 de la mañana, y va acompañada hasta el medio dia de un movimiento de Oeste á Este, exactamente como en Hobarton (lat. austr. 42° 53′), y en otras regiones pertenecientes á las latitudes medias del hemisferio austral. En la época de los equinoccios ó poco tiempo despues, en los meses de Marzo y Abril, como en los de Setiembre y Octubre, las oscilaciones de la aguja señalan, en ciertos dias, períodos de transicion, y pasan del tipo del hemisferio boreal al tipo del hemisferio austral (91).

Singapore está algo al Norte del ecuador geográfico, entre esta línea y el ecuador magnético que, segun Eliot, casi coincide con la curva de la menor intensidad. Segun las observaciones hechas en Singapore de dos en dos horas, durante los años de 1841 y 1842, Sabine halló que los dos tipos opuestos, cuya existencia ha sido comprobada

Digitized by Google

en Santa Elena, desde el mes de Mayo al mes de Agosto, y desde el mes de Noviembre al mes de Febrero, se encuentran igualmente reunidos en el cabo de Buena-Esperanza, por mas que esté situado á 34° del ecuador terrestre y mas alejado aun del ecuador magnético, por mas que la inclinacion de la aguja imantada sea de 50°, y el Sol no se presente allí jamás en el cenit (92). Hánse publicado ya observaciones horarias recogidas en el cabo durante seis años; de ellas resulta que, en este punto estremo del Africa, como en Santa Elena, la aguja, que llega á su mayor declinacion oriental, se aleja de allí á las 7 $^1/_2$ de la mañana y se dirige hácia el Oeste hasta las 11 $^1/_2$, desde el mes de Mayo hasta el mes de Setiembre, y que por el contrario, desde el mes de Octubre hasta el mes de Marzo, se dirige hácia el Este desde las 8 $^1/_2$ de la mañana hasta la 1 $^1/_2$ ó las 2. El descubrimiento de este fenómeno tan bien comprobado, pero cuyo orígen está envuelto aun entre espesas tinieblas, ha puesto fuera de duda la importancia de las observaciones hechas sin interrupcion de hora en hora. Las perturbaciones que, como se verá bien pronto, hacen desviar con tanta frecuencia la aguja imantada, ya hácia el Este, ya hácia el Oeste, darian poca seguridad á las esperiencias aisladas del viajero.

A consecuencia de la estension dada á la navegacion y de la aplicacion de la brújula á los cálculos geodésicos, notáronse desde luego perturbaciones estraordinarias en la direccion de la aguja imantada, acompañadas de oscilaciones, de temblores y de estremecimientos. Este fenómeno se esplicó por un estado particular de la aguja, que se designó de una manera muy característica, en el lenguaje marítimo francés, diciendo que estaba *loca*. Para remediar esta *locura*, era conveniente magnetizar la aguja de nuevo y con mas fuerza. Halley fué sin contradiccion el primero que declaró fenómeno eléctrico á la luz polar (93). Invitado

Digitized by Google

por la Sociedad Real de Lóndres para esplicar el gran meteoro de 6 de Marzo de 1716, visible en toda Inglaterra, respondió que este meteoro era análogo al que Gassendi habia designado, antes que nadie, bajo el nombre de *Aurora borealis*. Aunque en los viajes marítimos que emprendió para determinar la línea sin declinacion, llegase hasta los 52° de latitud austral, sábese sin embargo, por confesion propia que, antes de 1716, no habia nunca visto la luz polar en el hemisferio del Sud ni en el del Norte; y no obstante, las auroras australes son ciertamente visibles hasta en la zona tropical del Perú. Halley no observó tampoco, á lo que parece, nada de la instabilidad de la aguja y de las desordenadas oscilaciones por que pasa, bajo la influencia de las auroras boreales y australes, visibles ó invisibles. Olav Hiorter y Celsius de Upsala fueron los primeros en confirmar, por medio de una larga série de medidas, la relacion supuesta solamente por Halley, entre la aparicion de la luz polar y la perturbacion impresa á la marcha normal de la aguja. Esta meritoria empresa que Hiorter y Celsius llevaron á cabo en 1741, antes de la muerte de Halley, les dió motivo para instituir, de acuerdo con Graham, las primeras observaciones simultáneas. Las perturbaciones estraordinarias de la declinacion magnética, correspondientes á la aparicion de la luz polar, fueron especialmente profundizadas por Wargentin, Canton y Wilke.

En 1805, tuve ocasion de hacer en Roma, en el monte Pincio, en compañía de Gay-Lussac, algunas observaciones que fueron objeto de un largo trabajo, al cual me dediqué con Oltmanns á mi vuelta á Berlin, durante los equinoccios y los solsticios de los años 1806 y 1807, en un estenso jardin situado en apartado lugar, con el telescopio magnético de Prony y una señal colocada á distancia y bien iluminada por una lámpara. Aprendí de este modo que la

Digitized by Google

parte de la actividad magnética de la Tierra, designada con el nombre general de perturbaciones magnéticas estraordinarias, que obra tan poderosamente en ciertas épocas, y no ejerce solo una influencia local, merece atencion decidida en razon de su complicacion. El mecanismo de la señal y de los hilos cruzados en el telescopio, suspendido ya de un hilo de seda, ya de un hilo de metal, y encerrado en una caja de cristal, permitia leer arcos de 8 segundos. Como, segun este método de observacion, la pieza en que se encontraba el telescopio, gobernado por una barra de hierro imantado, debia quedar oscura, no habia que temer la corriente de aire que puede ocasionar la iluminacion de la escala en declinatorios de microscopio, que son, por otra parte, escelentes. Convencidos de lo que yo habia dicho, de que una série no interrumpida de observaciones estudiadas de hora en hora, ó de media en media hora, durante un número igual de dias y de noches *(observatio perpetua)*, es preferible en sumo grado á observaciones recogidas sin sucesion durante muchos meses, hicimos en las épocas de los equinoccios y de los solsticios, cuya importancia han acreditado todos los trabajos recientes, observaciones consecutivas, prolongadas noche y dia durante 5, 7 y 11 de estos (94). Reconocimos bien pronto que, para apreciar el verdadero carácter físico de esas perturbaciones anuales, no bastaba determinar su amplitud, sino que era preciso, en cada observacion, unir en números el grado de instabilidad de la aguja, midiendo la separacion de las oscilaciones. Cuando la aguja seguia regularmente su marcha horaria, estaba tan poco agitada que, de 1,500 resultados deducidos de 6,000 observaciones, desde mitad de Mayo de 1806 hasta fines de Junio de 1807, la oscilacion no comprendia las mas de las veces sina una semi-division, es decir, 1′ 12″. En algunos casos particulares, y frecuentemente en tiempo muy tormentoso, la aguja parecia

Digitized by Google

completamente estacionaria, ó solo oscilaba de 24 á 28″; pero cuando estallaba la tempestad magnética, cuya segunda y mas fuerte manifestacion es la luz polar, las oscilaciones eran unas veces de 14′, otras de 18′, y no duraban nunca mas de 1 segundo $^1/_2$ á 3 segundos. Frecuentemente, la amplitud y la desigualdad de las oscilaciones que escedian en mucho las divisiones de la señal, bien de un lado, bien de los dos, hacian imposible toda observacion (95). Esto es lo que, por ejemplo, aconteció sin interrupcion en la noche del 24 de Setiembre de 1806, desde las 2 y 40 minutos hasta las 3 y 32 minutos de la mañana, y desde las 3 y 57 hasta las 5 y 4 minutos.

Ordinariamente, en las violentas tempestades magnéticas *(unusual or larger magnetic Disturbances, magnetic Storms)*, el término medio de los arcos de círculo recorridos por las oscilaciones de la aguja aumentaba de un lado ó del otro, aunque con una velocidad desigual; pero en casos poco usuales, notáronse tambien oscilaciones estraordinarias, sin que la declinacion aumentara ó disminuyera irregularmente, es decir, sin que el término medio de las oscilaciones se alejase de la division de la señal que pertenecia en dicho momento á la marcha normal de la aguja. Hemos visto sucederse á un largo reposo relativo movimientos repentinos, de fuerza muy desigual, describiendo arcos de 6 á 15 minutos, que se correspondian alternativamente, ó se confundian los unos con los otros. Lo mas sorprendente fué ver por la noche una mezcla de reposo absoluto y de oscilaciones violentas, sin que la aguja avanzara de ningun lado (96). Creo deber citar tambien, aunque sea muy raro, otro movimiento, especie de movimiento de báscula, que se produce en sentido vertical, y modifica la inclinacion de la aguja durante 15 ó 20 minutos, mientras que las oscilaciones horizontales se verifican muy moderadamente ó no se producen. Entre todas las circuntancias particulares,

Digitized by Google

consignadas con tanta atencion en los registros de las estaciones inglesas, encuentro ese movimiento vertical *(constant vertical motion, the needle oscillating vertically)* indicado solo tres veces para la isla de Diemen (97).

Segun las observaciones de Berlin, creo que por término medio se producen las grandes tempestades magnéticas á las 3 de la mañana; cesando por término medio tambien, hácia las 5. Muchas veces observamos pequeñas tempestades magnéticas de 5 á 7 de la tarde, en los mismos dias del mes de Setiembre en que debian estallar, 8 ó 10 horas despues, tempestades tan violentas, que la amplitud y la rapidez de las oscilaciones no permitian leer ni apreciar el término medio de las elongaciones. Desde el principio, tuve tal convencimiento de que las tempestades magnéticas debian producirse por grupo, durante muchas noches seguidas, que anuncié á la Academia de Berlin las particularidades de esas perturbaciones estraordinarias, é invité á mis amigos á que vinieran á verlas á hora determinada para darles el placer de este espectáculo (98). Kupffer, durante su viaje al Cáucaso, en 1829, y mas tarde Kreil, á consecuencia de las preciosas observaciones que hizo en Praga, comprobaron, como yo, la vuelta periódica de las tempestades magnéticas á horas determinadas (99).

La hipótesis que habia podido espresar solo de una manera general, cuando las observaciones que hice durante los equinoccios y los solsticios del año 1806, llegó á ser, despues del establecimiento de las estaciones magnéticas en las posesiones inglesas (1838-1840), y merced á los ricos materiales puestos en accion tan felizmente por el coronel Sabine, uno de los mas importantes descubrimientos de la teoría del magnetismo terrestre. Sabine ha comparado todos los resultados obtenidos en ambos hemisferios, y clasificado las perturbaciones segun las estaciones, las horas del dia y de la noche, y segun las desviaciones orien-

Digitized by Google

tales ú occidentales. En Toronto y en Hobarton, las perturbaciones han sido dos veces mas frecuentes y mas fuertes en la noche que por el dia (100); las primeras observaciones hechas en Berlin habian dado el mismo resultado. Lo contrario aparece de las profundas investigaciones á que se dedicó el capitan Younghusband acerca de 2,600 ó 3,000 perturbaciones observadas en el cabo de Buena-Esperanza, y sobre todo en la isla de Santa Elena. En Toronto, las principales perturbaciones se produjeron por término medio desde las 12 de la noche á las 5 de la mañana; solo algunas se han observado antes, entre las 10 y las 12 de la noche. Hay, por consiguiente, en Toronto como en Hobarton, predominio de perturbaciones nocturnas. Segun la larga é ingeniosa prueba á que sometió Sabine 3,940 perturbaciones observadas en Toronto y 3,470 fenómenos de igual naturaleza observados en Hobarton durante los seis años de 1843 á 1848, y que representaban la novena y la décima parte de todas las observaciones de declinacion, pudo sacar en consecuencia que las perturbaciones forman una clase particular de variaciones periódicas, sometidas á leyes susceptibles de ser comprobadas, y que dependen de la posicion del Sol en la eclíptica y de la rotacion de la Tierra; que esos movimientos no deben, por lo tanto, ser llamados irregulares, y que hay motivo para reconocer en esos fenómenos, con un carácter local particular, efectos generales que afectan á todo el conjunto del cuerpo terrestre (1). En los mismos años en que las perturbaciones fueron en Toronto mas frecuentes que de ordinario, sucedió lo mismo y casi en igual medida en Hobarton. Aparecieron doblemente numerosas en Hobarton en los meses de verano, desde Abril á Setiembre, que en los de invierno, desde Octubre á Marzo; pero el mas fecundo de todos los meses fué Setiembre. Este es tambien el resultado de las observaciones que hice yo en Berlin, en 1806, en

Digitized by Google

el equinoccio de otoño (2). Por todas partes, son mas raras en invierno, es decir, desde el mes de Noviembre al mes de Febrero, en Toronto: desde el mes de Mayo al de Agosto, en Hobarton. En Santa Elena y en el cabo de Buena-Esperanza, los pasos del Sol á través del ecuador están señalados por una abundancia grande de perturbaciones.

El hecho capital, cuyo descubrimiento se debe tambien á Sabine, es la regularidad con que en ambos hemisferios, aumentan las perturbaciones la declinacion oriental ú occidental. En Toronto donde la declinacion occidental es pequeña y no escede de 1° 33′, el número de las perturbaciones que hacian declinar la aguja hácia el Este durante el verano, es decir, desde el mes de Junio al mes de Setiembre, era superior al de las perturbaciones que producian un movimiento hácia el Oeste en invierno, es decir, desde el mes de Diciembre al de Abril; la relacion era de 411 á 290. Obsérvase lo mismo en la isla de Van-Diemen, teniendo en cuenta las estaciones locales. Las tempestades magnéticas son tambien allí mucho mas raras en el invierno, que dura desde el mes de Mayo al mes de Agosto (3). El exámen de seis años de esperiencias, en las dos estaciones opuestas de Toronto y de Hobarton, condujo á Sabine al resultado admirable de que no solo el número de las perturbaciones habia ido creciendo, en ambos hemisferios, de 1843 á 1848, sino que tambien, si para obtener el término medio anual normal de la declinacion diurna, no se tomaba en cuenta una série de 3,469 tempestades, la declinacion total se habia elevado insensiblemente, durante cinco años, de 7′,65 á 10′,58: por último, que el mismo aumento se hacia sentir en la inclinacion y en la intensidad de la fuerza terrestre. Este resultado adquirió una importancia considerable, cuando se generalizó y confirmó por el notable trabajo publicado por Lamont en 1851, acerca de un período de 10 años en el movimiento diurno de la aguja

Digitized by Google

magnética. Segun observaciones hechas en Gœttingue, en Munich, y en Kremsmünster, la amplitud media de la declinacion diurna habia llegado á su mínimum desde 1843 á 1844, y á su máximum de 1848 á 1849 (4). Luego que la declinacion ha aumentado así durante cinco años, disminuye el mismo espacio de tiempo, como lo prueba una série de observaciones horarias muy exactas, que llegan hasta un máximum que çae á mediados de 1787 (5). Con el fin de esplicar por una causa general esta periodicidad comun á los tres elementos del magnetismo terrestre, háse intentado recurrir á la conexion de los fenómenos cosmológicos. Esta conexion nos ha sido suministrada, segun la conjetura de Sabine, por los cambios que se producen en la fotósfera del Sol, es decir, en la envuelta gaseosa y brillante del cuerpo solar opaco (6). Segun las investigaciones proseguidas por Schwabe durante largos años, los períodos de la mayor y de la menor frecuencia de las manchas solares concuerdan perfectamente con los de las variaciones magnéticas. Sabine indicó, por primera vez esta coincidencia, en una Memoria presentada en 1852 á la Sociedad Real de Lóndres. No hay duda alguna, dice Schwabe, en un trabajo con el cual me ha permitido enriquecer anticipadamente la parte astronómica del *Cosmos,* de que, por lo menos, para la época comprendida entre 1826 y 1850, las variaciones en el número de las manchas solares se reproducen por período de diez años próximamente, de suerte que el máximum cae en los años 1828, 1837, 1848, y el mínimum en 1833, y 1843 (7). Sabine ha robustecido tambien la hipótesis de la influencia solar en el magnetismo terrestre, por la ingeniosa observacion de que el momento en que, en ambos hemisferios, la intensidad de la fuerza magnética es mas considerable, y aquel en que la direccion de la aguja se aproxima mas hácia la vertical, cae entre los meses de Octubre y de Febrero, en la época en que la Tierra está muy

Digitized by Google

próxima al Sol y en que su revolucion es mas rápida (8).

He indicado ya en el Cuadro general de la Naturaleza (9) la simultaneidad de numerosas tempestades magnéticas, y he dicho cómo se propagan las mismas tempestades á distancias de muchos miles de leguas y recorren todo el esferoide terrestre, como sucedió el 25 de Setiembre de 1841, en que una tempestad magnética fué observada en el Canadá, en Bohemia, en el cabo de Buena-Esperanza, en la Tierra de Diemen y en Macao. He citado tambien ejemplos de perturbaciones mas locales, como la que, desde Sicilia, se estendió hasta Upsala, pero no salvó este límite, y no se hizo sentir ni en Alten ni en la Laponia. Cuando las observaciones simultáneas de declinacion, que combinamos Arago y yo, en 1829, en Berlin, en París, en Freiberg, en San Petersburgo, en Kasan y en Nicolaïeff, con instrumentos uniformes de Gambey, algunas fuertes perturbaciones no pudieron propagarse desde Berlin hasta París, ni aun hasta un pozo de Freiberg, en donde Reich hacia sus observaciones sobre el magnetismo subterráneo. Las declinaciones y oscilaciones considerables de la aguja, que acompañaron, en Toronto, á las auroras boreales, coincidieron con las tempestades magnéticas que estallaron en las islas Kerguèles del hemisferio austral, pero no fueron sensibles en Hobarton. Segun la propiedad de penetracion que la fuerza magnética, como la gravitacion, presenta á través de toda especie de sustancias, es ciertamente difícil formarse idea clara de los obstáculos que se oponen á su propagacion en el interior de la tierra, obstáculos análogos á los que detienen las ondas sonoras y las ondas de quebrantamiento, y que hacen que en los terremotos, lugares próximos entre sí, no sientan jamás las mismas sacudidas (10). ¿Consistirá esto en que líneas magnéticas, dirigidas en diferentes sentidos, interceptan por su cruzamiento la propagacion de la fuerza magnética?

Digitized by Google

He descrito los movimientos regulares y los movimientos en apariencia irregulares que ejecuta una aguja suspendida horizontalmente. Cuando observando la marcha normal de la aguja que vuelve sobre sí misma, y componiendo un término medio con los estremos de las variaciones horarias, se ha determinado la direccion del meridiano magnético, sobre el cual, de un solsticio á otro, la declinacion oriental iguala en suma á la declinacion occidental, es natural comparar los ángulos que forma sobre diferentes paralelos, la interseccion de los meridianos magnéticos con el meridiano geográfico; y de aquí resultan dos cosas: llégase primero al conocimiento de las líneas de *variaciones*, que Andrea Bianco, en 1436, y el cosmógrafo del Emperador Cárlos V, Alonso de Santa Cruz, trataban ya de representar gráficamente, y despues al intento feliz de generalizar las curvas isogónicas ó líneas de igual declinacion, á las cuales dieron los marinos ingleses mucho tiempo, en justo reconocimiento, el nombre histórico de *Halleyan lines*. Entre esas curvas isogónicas diversamente contorneadas, á veces casi paralelas, y que en raras ocásiones vuelven sobre sí mismas componiendo sistemas cerrados de forma oval, las mas interesantes, bajo el punto de vista de la física del globo, son las líneas sin declinacion, de una y otra parte de las cuales se producen las declinaciones en sentido opuesto y aumentan desigualmente con las distancias (11). He hecho ver en otro lugar cómo el primer descubrimiento de una línea sin declinacion, hecho por Colon en el Océano Atlántico, el 13 de Setiembre de 1492, habia dado un impulso podereso al estudio del magnetismo terrestre, que, durante dos siglos y medio, parecia destinado únicamente á perfeccionar los cálculos náuticos.

Por mucho que haya aumentado en nuestros dias el conocimiento parcial de las líneas sin *variacion* en el Norte del Asia, en el archipiélago Indio y en el Océano Atlántico, mer-

Digitized by Google

ced á un grado mas alto de instruccion científica entre los marinos y al mejoramiento de los instrumentos y de los métodos, es muy de sentir, sin embargo, en esta rama de la ciencia en que hay necesidad de miras cosmológicas, la lentitud de los progresos y la carencia de resultados generales. Débese, no lo ignoro, á la casualidad, que hacia que las embarcaciones atravesasen las líneas sin declinacion, un número inmenso de observaciones consignadas en los Diarios de bordo; lo que falta, es la union y comparacion de los materiales. Esos materiales no podrán en realidad adquirir la importancia que han de tener para el conocimiento mismo de las líneas sin declinacion y para determinar la situacion actual del ecuador magnético, en tanto que no se envien á los diferentes mares navíos sin otro objeto que seguir sin interrupcion esas líneas. Merced únicamente á la simultaneidad de las observaciones, puede el magnetismo terrestre ofrecernos una historia: al decir esto, repito lo que he dicho ya mas de una vez (12).

Por lo que sabemos hasta hoy acerca de la posicion de las líneas sin declinacion, existen probablemente, en el lugar de las cuatro líneas meridianas que se suponia unian á los polos, hácia fines del siglo XVI (13), tres sistemas muy distintos en su conformacion, si es que pueden llamarse sistemas esos grupos de líneas isogónicas, que contienen una línea sin declinacion que no está unida directamente con ninguna otra línea de igual especie, y no puede, en el estado actual de nuestros conocimientos, considerarse como su prolongacion. De esos tres sistemas que describiremos separadamente muy pronto, el sistema intermedio ó sistema atlántico está limitado á una simple línea sin declinacion que se estiende en la direccion de Sud-Sud-Este al Nor-Noroeste, entre los 65° de latitud austral y 67° de latitud boreal. El segundo, mas aproximado en 150 grados al Este, estimulando solo los puntos de interseccion de los dos sistemas

Digitized by Google

con el ecuador geográfico, ocupa toda el Asia y toda la Australia. Es de todos el mas estenso y el mas complicado; sube y vuelve á bajar de manera singular, presentando una punta al Norte y otra al Mediodía. En la estremidad Nord-Este, su curvatura es tal que la línea cero, volviendo sobre sí misma en forma de elipse, contiene líneas cuya declinacion aumenta en una proporcion rápida de fuera á adentro. La parte mas occidental y la parte mas oriental de esta curva están, como la línea cero del Océano Atlántico, dirigidas de Sud á Norte, y se inclinan del Sud-Sud-Este al Nor-Noroeste, en el espacio comprendido desde el mar Caspio á la Laponia. El tercer sistema, el del mar del Sud, es el menos esplorado y el mas pequeño de los tres. Situado casi por completo al Sud del ecuador geográfico, forma un óvalo cerrado, compuesto de líneas concéntricas sobre las cuales la declinacion, al contrario de lo que se ha notado para la parte Nordeste del sistema asiático, disminuye de afuera á adentro. En Africa no se conocen otras líneas que aquellas cuya declinacion occidental varía de 6 á 29 grados (14); es cierto que hasta aquí las observaciones se han limitado á las costas. Sábese, cuando menos, por Purchas que la línea atlántica sin declinacion ha abandonado desde el año de 1605 el cabo de Buena-Esperanza, retirándose en la direccion de Este á Oeste.—¿Existe en el Africa central otro grupo ovalado, formado de líneas concéntricas en las cuales disminuye la declinacion hasta 0? igual razon existe para afirmarlo que para negarlo.

La parte atlántica de la curva americana sin declinacion fue determinada por el coronel Sabine, que ha representado con una exactitud maravillosa el estado de la declinacion magnética en ambos hemisferios para el año 1840, despues de una suma de 1,480 observaciones, y teniendo en cuenta las variaciones seculares. Esta línea que se encontró próximamente á los 70° de latitud austral y 21° de

Digitized by Google

longitud occidental (15), corre hácia el Nor-Noroeste, pasa tres grados al Este del archipiélago Sandwich, 9 grados y medio al Este de la Georgia meridional, se aproxima á las costas del Brasil, en el cual entra por el cabo Frio, deja á 2 grados al Oeste á Rio Janeiro, atraviesa el nuevo continente hasta 0° 36′ de latitud austral, se separa algo de él al Este de Para, cerca del cabo Tigioca, y del Rio-Para, una de las bocas del de las Amazonas, para cortar por primera vez al ecuador geográfico á los 5° 6′ de longitud occidental. Desde allí, sigue las costas de la Guyana, á una distancia de 22 millas geográficas, hasta los 5° de latitud boreal, costea el arco descrito por las pequeñas Antillas hasta el paralelo 18, para ir á tocar al litoral de la Carolina del Norte, cerca del cabo Lookut, al Sud-Oeste del cabo Hattaras, á los 34° 50′ de latitud y 76° 30′ de longitud. En el interior de la América del Norte, la línea sin declinacion continúa su marcha hácia el Nor-Oeste hasta Pittsburgh, Meadville y el lago Erie, á los 41° 30′ de latitud y 80° de longitud; es de suponer que desde 1840 ha adelantado ya hácia el Oeste medio grado próximamente.

La curva sin declinacion, que puede llamarse australocaspia, si se considera con Erman, la línea que sube repentinamente de Kasan á Arcángel y á la Laponia rusa como prolongacion de la que atraviesa el mar de las Molucas y del Japon, no podria seguirse en el hemisferio austral mas que hasta el paralelo 62. La parte meridional de esta línea está situada mas al Oeste de la Tierra de Diemen de lo que en un principio se habia supuesto, y los tres puntos en que Ross cortó la línea sin declinacion (16) en su viaje de descubrimiento al polo antártico (1840-1841), se encuentran todos á los 62°, 54° 30′ y 46° de latitud, entre 131° y 133° 20′ de longitud oriental. La mayor parte de la línea sigue, pues, la direccion meridiana de Sud á Norte. En su estenso desarrollo, esta curva atraviesa la

Digitized by Google

parte occidental de la Australia, de Norte á Sud, desde la costa meridional del país de Nuyts, 10 grados próximamente al Oeste de la isla Adelaida, hasta cerca del rio Van Sittart y del monte Cockburn, para entrar desde allí en el mar del archipiélago indio, en sitios donde la inclinacion, la declinacion y la intensidad total, así como el máximum y el mínimum de la intensidad horizontal, fueron observados por el capitan Eliot, desde 1846 á 1848, con mas exactitud que en ninguna otra parte. La línea continúa enseguida su direccion recta hasta el Este, desde los 118° hasta 91 grados de longitud occidental, pasando al Sud de Flores, y atravesando la pequeña isla de Sandalwood (17). Diez y seis años antes, Barlow, habia indicado esta direccion con gran precision. A partir de los 91° de longitud occidental, la curva australo-asiática asciende hácia el Noroeste hasta 9°,70′ de latitud austral, á juzgar por la situacion de la línea que marca 1° de declinacion oriental, que Eliot siguió hasta Madras. La línea sin declinacion, cuyo curso trazamos, ¿corta al ecuador hácia el meridiano de Ceylan, y penetra en el continente asiático, entre el golfo de Cambay y Guzurata, ó mas al Oeste, por el golfo de Mascata (18), siendo de esta suerte idéntica á la curva sin declinacion que, partiendo de la cuenca del mar Caspio, parece correr hácia el Sud (19), ó mas bien, como pretende Erman, inclinándose al Este, antes de cortar al ecuador, y remontándose hácia el Norte, entre Borneo y Malaca, atraviesa el mar del Japon y penetra en el Asia oriental por el golfo de Okhotsk (20)? Cosa es esta imposible de resolver. Es muy de sentir que las frecuentes comunicaciones que sostiene la navegacion europea con las Indias, la Australia, las islas Filipinas y las costas del Noroeste del Asia queden estériles para la ciencia, y que innumerables materiales que deberian servir para generalizar las ideas sobre el conjunto del globo, uniendo el Asia meridional á las regiones mejor esploradas

Digitized by Google

del Asia setentrional, no salgan de los Diarios de bordo; cuestiones pendientes desde 1840 y que carecen aun de solucion por estos motivos. Para no mezclar lo cierto con lo dudoso, me limito á la parte sibérica del continente asiático, que conocemos hasta el paralelo 45, por los trabajos de Erman, de Hansteen, de Due, de Kupffer, de Fus y por mis propias observaciones. En ninguna otra parte del globo, ha podido seguirse por tierra tan largo desarrollo de las líneas magnéticas. La importancia que, bajo este punto de vista, tiene la inmensa estension de la Rusia en Europa y en Asia habia sido presentida ya por el genio de Leibnitz (21).

Con el fin de seguir de Este á Oeste la direccion de las espediciones europeas á la Siberia, empezaremos por la parte setentrional del mar Caspio; y desde luego encontramos que en la pequeña isla Birutschikessa, en Astrakan, sobre el lago Elton, en la Estepa de los Kirguisos, y en Uralsk sobre el Jaik, entre 45° 43′ y 51° 12′ de latitud, 44° 51′ y 49° 2′ de longitud, la aguja oscila de 0° 10′ de declinacion oriental á 0° 37′ de declinacion occidental (22). Hácia al Norte, la curva sin declinacion tiende un poco mas al Noroeste y vá por los alrededores de Nishney-Nowogorod (23). En 1828, corria entre Osablikowo y Doskino, á los 56° de latitud y 40° 40′ de longitud. Dirígese luego hácia la Laponia rusa, y pasa entre Arcángel y Kola, ó con mas exactitud, segun Hansteen (1830), entre Umba y Ponoi (24). Solo despues de haber recorrido cerca de los dos tercios del Asia setentrional, entre los paralelos 50 y 60, es decir, en el lugar de su mayor latitud, y de haber atravesado un espacio en que es hoy la declinacion decididamente oriental, es como vuelve á unirse la línea sin declinacion, que, pasando cerca de la parte Nord-Este del lago Baikal, al Oeste de Wiluisk, y, subiendo hácia el Norte, alcanza un punto situado en el meridiano de Iakutsk (127° 30′) y paralelo 68, para formar allá la

Digitized by Google

envuelta esterior del grupo ovalado, compuesto de líneas concéntricas de declinacion, de que tanto se ha hablado. Esta curva, en fin, vuelve á bajar hácia Okhotsk, á los 140° 50′ de longitud, corta el arco de las islas Kuriles, y, continuando su marcha hácia el Sud, penetra en el mar del Japon. Las curvas de 5 á 15 grados de declinacion oriental, que llenan el espacio comprendido entre la parte occidental y la parte oriental de la línea asiática sin declinacion, tienen todas una cima cóncava dirigida hácia el Norte. El máximum de su curvatura, cae, segun Erman, á los 77° 40′ de longitud, en un meridiano casi intermedio entre Omsk y Tomsk, y muy próximo del que atraviesa la estremidad meridional del Indostan. Ese grupo, plegado en sí mismo en óvalo cerrado, se estiende, en su eje longitudinal, por un espacio de 28 grados de latitud, hasta la península de Corea.

Una configuracion análoga, pero de dimensiones mas considerables aun, existe en el mar del Sud. Las líneas isogónicas, volviendo sobre sí mismas, forman allí un óvalo comprendido entre 20° de latitud austral y 42° de latitud boreal, cuyo eje principal está situado á los 132° 20′ de longitud. Lo que distingue sobre todo este á grupo singular, cuya mayor parte pertenece al hemisferio del Sud y solamente á la region oceánica, del grupo del Asia oriental, es el órden en que se suceden las curvas de declinacion que le componen. En el primer grupo, la declinacion es oriental, y disminuye á medida que se penetra en el interior del óvalo; en el segundo, la declinacion occidental va aumentando desde fuera á adentro. No existen sin embargo en el interior del grupo austral, mas que declinaciones comprendidas entre 8 y 5 grados. ¿Consistirá esto en que despues de haber atravesado un anillo de declinacion oriental, se encuentre mas allá de la línea cero, la declinacion occidental?

Digitized by Google

Las curvas sin declinacion, como todas las líneas magnéticas, tienen su historia. Por desgracia, esta historia no puede remontarse mas allá de doscientos años. Encuéntranse de ella, sin embargo, algunas huellas hasta en los siglos XV y XVI. Débese tambien á Hansteen la recopilacion y comparacion de esos documentos, hecha con su penetracion ordinaria. Parece como que el polo Norte magnético se mueve de Oeste á Este, y el polo Sud de Este á Oeste; pero observaciones exactas demuestran que las diferentes partes de las curvas isogónicas se cambian de una manera muy irregular, que esas líneas, en los sitios donde eran paralelas se separan del paralelismo, y que las regiones en que reinaba esclusivamente una de las dos declinaciones se ensanchan ó se restringen en muy distintas direcciones. Las líneas sin declinacion del Asia occidental y del Océano Atlántico se adelantan de Este á Oeste. La primera de esas líneas pasaba por Tobolsk hácia 1716; en 1761, en tiempo de Chappe, atravesaba Katherinenburg; despues, cortó á Kasan; por último, en 1829 corria entre Osablikowo y Doskino, á corta distancia de Nishnei-Nowogorod. De este modo, en 113 años, adelantó hácia el Oeste 24° 45′. Si la línea de las Azores, que determinó Cristóbal Colon el 13 de Setiembre de 1492, es la misma que, en 1607, segun las observaciones de Davis y de Keeling, atravesaba el cabo de Buena Esperanza (25), la misma que vemos hoy dirigirse desde la embocadura del rio de las Amazonas hácia el litoral de la Carolina del Norte, pregúntase qué ha sido de la línea sin declinacion que pasaba por Kœnigsberg en 1600, por Copenhague probablemente en 1620, por Lóndres desde 1657 á 1662, que en 1666 se inclinaba mas al Este y cortaba á París, y que por último atravesaba á Lisboa poco antes de 1668 (26). Deben mirarse con sorpresa justamente los puntos de la Tierra donde, durante largos períodos de tiempo, no ha podido notarse cam-

Digitized by Google

bio secular alguno. Juan Herschell ha llamado ya la atencion acerca de la larga fijeza de la brújula en la Jamaica (27); Euler (28) y Barlow (29) han señalado la misma constancia de fenómenos en la Australia meridional.

LUZ POLAR.

Hemos tratado detalladamente los tres modos principales por qué se manifiesta el magnetismo terrestre: intensidad, inclinacion y declinacion, y hemos estudiado las variaciones, dependientes de la situacion geográfica, que esos tres modos esperimentan, segun las estaciones y las horas. Las perturbaciones estraordinarias, cuyos efectos se revelaron por vez primera en los cambios de la declinacion, anuncian en parte, y en parte acompañan á la luz polar magnética, como habia presentido Halley, y comprobaron Hiorter y Du Fay. He descrito tambien con bastante estension, en el Cuadro general de la Naturaleza, los fenómenos, tan brillantes por lo comun, que acompañan á la produccion de la luz terrestre, y observaciones mas recientes han confirmado en general las ideas que espuse en aquella época. «La aurora boreal no debe considerarse como la causa de la perturbacion que interrumpe el equilibrio del magnetismo terrestre, sino como el resultado de la actividad del globo, exaltada hasta la produccion de fenómenos luminosos, y que se manifiesta, de una parte, por la iluminacion polar de la bóveda celeste, de otra, por las desordenadas oscilaciones de la aguja imantada.» Segun esto, se ve que la luz polar es una especie de descarga sin detonacion, el acto que da fin á la tempestad magnética, lo mismo que, en las tempestades eléctricas, el equilibrio destruido se restablece por otro fenómeno luminoso, el relám-

Digitized by Google

pago, acompañado del trueno. No debe temerse el repetir, á propósito de una aparicion tan compleja y misteriosa, una hipótesis claramente formulada (30); los esfuerzos mismos que se hagan para rebatirla no pueden sino favorecer la observacion, que llegará á ser de esta manera mas escrupulosa y mas asídua.

Al empezar la descripcion puramente objetiva de esos fenómenos, respecto de los cuales aprovecharé la magnífica série de observaciones, proseguidas sin interrupcion durante ocho meses (1838-1839), por físicos distinguidos, en la estremidad setentrional de la Escandinavia (31), consideraremos primeramente el velo nebuloso que gradualmente se levanta en el horizonte, y se denomina segmento oscuro de la aurora boreal (32). Como observó Argelander, el color oscuro no es un efecto de contraste; algunas veces, en verdad, la niebla es visible antes de estar adornada por el arco luminoso. Esto depende de alguna operacion que debe realizarse en una parte de la atmósfera, porque nada hace sospechar hasta aquí una mezcla material, de que pueda resultar el oscurecimiento. El telescopio reconoce las estrellas mas pequeñas en el segmento oscuro, como en las partes coloreadas y luminosas de la aurora en su completo desarrollo. En las altas latitudes, el segmento oscuro parece ser mucho mas raro que en las latitudes medias. En los meses de Febrero y Marzo, en una época en que las auroras boreales eran frecuentes y el cielo muy puro, no ha aparecido el segmento. Keilhau pasó todo un invierno, en Talwig de la Laponia, sin observar ninguno. Argelander ha demostrado, al determinar con mucha exactitud alturas de estrellas, que ninguna parte de la luz polar tiene influencia á tales alturas. Fuera de los segmentos, fórmanse tambien, aunque esto acontece rara vez, rayos negros ó estrías, que Hansteen y yo hemos visto subir en muchas ocasiones (33). Aparecian al mismo tiempo manchas negras de forma re-

Digitized by Google

dondeada y como encerradas en espacios luminosos, de las que ha tratado singularmente Siljestrœm (34). La parte central de la corona que se observa por otra parte tan rara vez, y cuyo vértice, por un efecto de perspectiva, se confunde en cada lugar, con la prolongacion de la aguja de inclinacion, tambien es ordinariamente de un negro subido. Bravais estima que este efecto, como el color negro de los rayos, son ilusiones de óptica producidas por el contraste de los colores. Vénse á menudo subir paralelamente hácia el cenit muchos arcos luminosos, llegando algunas veces á siete y hasta nueve, pero esto es raro, y hay tambien ocasiones en que faltan por completo. Los haces de rayos y las columnas luminosas afectan las formas mas variadas; pudiendo observarse en ellas pliegues ondulosos, guirnaldas dentadas, corchetes, lenguas de fuego ó velas hinchadas de navíos (35).

En las altas latitudes, el color que domina ordinariamente en las auroras boreales es el blanco; blanco de leche, cuando la luz es poco intensa, que se convierte en amarillo, cuando la luz es mas brillante. Entonces el centro de la ancha faja de rayos oscurece este color amarillo, viéndose en los dos bordes indistintamente rojo y verde. Si los rayos se desenvuelven en forma de cintas largas y estrechas, el rojo se apercibe encima y el verde debajo. Bien sea que el movimiento se efectúe de izquierda á derecha ó de derecha á izquierda, el rojo se ve siempre del lado hácia el cual se dirige el movimiento, quedando detrás el verde. Acontece rara vez que en los rayos verdes ó rojos, se observe uno solo de los colores complementarios. Jamás se ve azul; un rojo subido, semejante al reflejo de un incendio, es tambien tan raro en el Norte, que Siljestrœm solo lo ha percibido una vez (36). La intensidad luminosa de la aurora boreal no llega nunca, aun en el Finmark, á la de la Luna llena.

Digitized by Google

La opinion que tengo espresada hace mucho tiempo sobre la probable conexion de la luz polar con la formacion de las nubes mas pequeñas y desligadas, es decir los cirros, designados por los campesinos con el nombre de nubes ensortijadas, cuyos rastros paralelos, á iguales distancias unos de otros, siguen generalmente la direccion del meridiano magnético, ha tenido en estos últimos tiempos muchos partidarios. Si es preciso deducir de aquí, como aseguran el almirante Wrangel y Thienemann, el esplorador de las regiones setentrionales, que esas nubes son el substratum de la luz polar, ó mas bien, como he supuesto de acuerdo con el capitan Franklin y el doctor Richardson, un fenómeno meteorológico que acompaña á la tempestad magnética y que ella produce, cosa es que todavía no está resuelta (37). Además de la disposicion regular de las fajas polares, formadas por esos ligeros rastros de cirros, y de su direccion relacionada con la declinacion magnética, he examinado con mucho detenimiento, en 1803 en la meseta de Méjico, y en 1829 en la parte setentrional del Asia, el movimiento circular de los puntos de convergencia. Cuando el fenómeno se realiza de una manera completa, los dos puntos aparentes de convergencia, en lugar de permanecer fijos, uno al Nordeste y el otro al Sudoeste, en la direccion de la línea que une los puntos culminantes de los arcos nocturnos de la aurora, se mueven gradualmente hácia el Este y hácia el Oeste (38). Háse observado muchas veces y con mucha exactitud, en el Finmark, un movimiento análogo de traslacion, de la línea que sirve para unir, en las verdaderas auroras boreales, lo vértices de los arcos luminosos, mientras que los pies de esos arcos, es decir, sus puntos de apoyo en el horizonte, abandonan la direccion de Este á Oeste, para tomar la de Norte á Sud (39). Segun esos cálculos, la situacion de las nubes ensortijadas, dispuestas en fajas polares, corresponde á las columnas lu-

Digitized by Google

minosas ó haces de rayos que parten de los arcos, dirigidos ordinariamente de Este á Oeste, y que elevándose hácia el cenit no pueden confundirse con los arcos observados por Parry, que permanecen visibles durante un dia claro, despues de una noche ocupada por una aurora boreal. El mismo fenómeno se reprodujo en Inglaterra, el 3 de Setiembre de 1827; durante el dia viéronse escapar del arco luminoso brillantes columnas (40).

Háse afirmado muchas veces que alrededor del polo Norte magnético reina una aurora boreal perpétua. Bravais, que pasó en observacion 200 noches consecutivas, durante las cuales contempló y describió exactamente 152 auroras boreales, declara, con efecto, que las noches sin apariciones luminosas son escepcionales. Acontecíale, sin embargo, en alguna ocasion, estando el cielo sereno y cuando nada reducia el horizonte, no descubrir ninguna señal de luz polar, ó esperar cuando menos la tempestad magnética durante una parte considerable de la noche. A fines de Setiembre es cuando las auroras boreales, absolutamente hablando, son mas numerosas, y como el mes de Marzo parece tener, bajo este respecto, una superioridad relativa sobre los meses de Febrero y de Abril, puede sospecharse que este fenómeno, como otros magnéticos, está en relacion con los equinoccios. A los ejemplos de auroras boreales visibles en el Perú, y de auroras australes visibles en Escocia, conviene añadir un fenómeno de luz polar coloreada, observado durante dos horas enteras, el 14 de Enero de 1831, por el capitan Lafont, en Candida, al Sud de la Nueva Holanda, bajo el paralelo 45 (41).

Despues de las esperiencias de Bossekop, los físicos franceses y Siljestrœm negaron la produccion del ruido tan formalmente como Thienemann, Parry, Franklin, Richardson, Wrangel y Anjou (42). Bravais ha dado, como medida de la altura del fenómeno, por lo menos 100,000

Digitized by Google

metros, que componen mas de 13 millas geográficas. Es verdad que, por otra parte, el distinguido observador Farquharson evalúa esta altura en menos de 4,000 pies. Los fundamentos de esas medidas son poco ciertos. Los efectos de perspectiva y la supuesta identidad de dos arcos luminosos, percibidos simultáneamente en dos puntos alejados del horizonte, pueden inducir fácilmente á error. No cabe poner en duda, antes al contrario, la influencia de la luz polar en la declinacion, la inclinacion y la intensidad horizontal ó total. Pero aunque esta influencia se deje sentir en todos los elementos del magnetismo terrestre, obra desigualmente en cada uno de ellos, y en diferentes fases. Las investigaciones mas completas respecto de este punto, son aquellas á que se dedicaron en Laponia (1838-1839) los distinguidos observadores Siljestrœm y Bravais (43), y las que se han recogido en Toronto, en el Canadá (1840-1841), discutidas de una manera tan ingeniosa por Sabine (44). Las observaciones instituidas de acuerdo y simultáneamente, en el jardin de Mendelsohn-Bartholdy en Berlin, en las minas de Freiberg, en Petersburgo, en Kasan y en Nicolaïeff, han confirmado que la aurora boreal visible en Alford, en el condado de Aberdeen, á 57° 15′ de latitud, el 19 y el 20 de Diciembre de 1829, habia influido en esos diferentes sitios, sobre la declinacion, y que, en otras regiones donde se observaron tambien los demás elementos del magnetismo terrestre, la declinacion, la inclinacion y la intensidad la habian sentido igualmente y al mismo tiempo (45). Durante la hermosa aurora boreal que estudió el profesor Forbes, el 21 de marzo de 1833, en Edimburgo, la inclinacion fue estremadamente pequeña, y la aguja de declinacion tan agitada que apenas podian hacerse las lecturas angulares. Un fenómeno, que parece merecer particular atencion, es la disminucion de la intensidad total, durante

Digitized by Google

el período mas activo de la aurora boreal. Las medidas que tomé en Berlin con Oltmanns, durante una preciosa aurora boreal, visible el 20 de Diciembre de 1806 (46), que se imprimieron en las Investigaciones de Hansteen acerca del magnetismo terrestre, han sido confirmadas por Sabine y por la comision francesa enviada al Norte en 1838 (47).

Al esponer con todo el cuidado de que soy capaz el estado actual de nuestros conocimientos positivos respecto de los fenómenos del magnetismo terrestre, he debido limitarme á describir de una manera puramente objetiva hechos que no tienen todavía esplicacion teórica, ni aun fundada únicamente en la induccion y la analogía. Por igual razon, me he abstenido, en este trabajo, de hipótesis geonósticas, y no he estimado deber señalar las relaciones que se han creido reconocer entre la direccion de las grandes cadenas de montañas ó de masas pétreas estratificadas y la de las líneas magnéticas, particularmente las isoclínicas é isodinámicas. Estoy muy lejos de negar la influencia de todas las fuerzas elementales de la naturaleza que obran dinámica y químicamente, como tampoco la influencia de las corrientes magnéticas y eléctricas en la formacion de las rocas cristalinas y el relleno de los filones (48); pero si se considera el cambio de todas las líneas magnéticas, y las variaciones de forma que acompañan á este movimiento, es difícil que su situacion actual nos enseñe algo de las direcciones relativas de las cadenas de montañas levantadas en épocas muy diferentes, y de las contracciones que ha adquirido la corteza terrestre al solidificarse, por la pérdida de su calor.

Los fenómenos geognósticos que pueden designarse con el nombre de magnetismo de las montañas, son fenómenos parciales y locales de especie distinta, y que no podrian entrar en el magnetismo terrestre en general (49). En 1796, antes de mi partida á América, me ocupé mucho de ellos, cuando estudiaba la serpentina magnética del

Digitized by Google

Haidberg, en Franconia. Respecto de esto hubo en Alemania un gran certámen que, verdaderamente, no disgustó á nadie y fue puramente literario. Esos fenómenos dan materia á una serie de problemas muy accesibles, pero imperfectamente resueltos y muy descuidados hoy. Puede ensayarse el poder del magnetismo de las montañas en algunos fragmentos esquistosos de anfibol y de clorita, de serpentina, de sienita, de dolerita, basalto, melafiro, y de traquita, segun la desviacion de la aguja, y, en lo concerniente al crecimiento de intensidad, segun el número de las oscilaciones. Es fácil, comparando el peso específico, lavando la roca reducida á polvo y haciendo aplicacion del microscopio, decidir si ordinariamente la fuerza de la polaridad depende menos de la cantidad de las partículas de hierro magnético ó de óxido de hierro contenidas en la roca que de la disposicion relativa de esas partículas. Una cuestion mucho mas importante, bajo el punto de vista cosmológico, es la que propuse hace tiempo, respecto del Haidberg: ¿Existen montañas en que las vertientes opuestas tengan polos opuestos (50)? Habria gran interés en determinar con exactitud la orientacion astronómica del eje magnético de una montaña, ya hubiera de encontrarse despues de largos períodos de tiempo, un cambio en la direccion del eje, ya hubiera de reconocerse la independencia al menos aparente de este pequeño sistema de fuerzas magnéticas, con relacion á los tres elementos variables del magnetismo terrestre.

Digitized by Google

Digitized by Google

SEGUNDA PARTE.

REACCION DEL INTERIOR DE LA TIERRA SOBRE SU SUPERFICIE.

ESPOSICION GENERAL.

Háse visto que esta parte del *Cosmos* se destina especialmente á presentar el encadenamiento de los fenómenos terrestres y el conjunto de fuerzas activas que componen un solo y mismo sistema. Para cumplir fielmente este plan, necesario es recordar aquí como, tomando por punto de partida las propiedades generales de la naturaleza y las tres direcciones principales de su actividad: la atraccion, las vibraciones del calor y de la luz, los fenómenos electro-magnéticos, he considerado en la primera parte de este tomo, las dimensiones, la forma y la densidad de nuestro planeta, la distribucion de su calor interior y su tension magnética, que se ejerce por los diferentes efectos á la vez variables y regulares de la intensidad, de la inclinacion y de la declinacion. Las distintas direcciones de la actividad terrestre son manifestaciones íntimamente unidas de una sola y misma fuerza primordial (1). En la gravitacion y en la atraccion molecular es donde se muestran especialmente estas manifestaciones independientemente de

Digitized by Google

la diversidad de las sustancias. Hemos presentado tambien á nuestro planeta en su relacion cósmica con el cuerpo celeste, centro del sistema á que pertenece, porque el calor original, que reina en el interior del cuerpo terrestre, debido probablemente á la condensacion de un anillo nebuloso que gira sobre sí mismo, está modificada por la influencia del Sol ó insolacion. Igual causa reconoce, segun las mas recientes hipótesis, la influencia periódica que ejercen sobre el magnetismo terrestre las manchas solares, es decir, las aberturas que se muestran con mas ó menos frecuencia en las envueltas del Sol.

La segunda parte de este tomo tratará de los fenómenos complejos que deben atribuirse á la reaccion permanente del interior de la Tierra sobre su superficie (2). Designo este conjunto de fenómenos con el nombre general de vulcanismo, estimando que es ventajoso no separar lo que tiene una causa comun, y difiere solo en que la fuerza agente se manifiesta con intensidades diversas y por procedimientos físicos distintamente complicados. Considerados bajo este punto de vista general, fenómenos, indiferentes en apariencia, adquieren una mayor significacion. El viajero que, sin estar preparado por estudios científicos, se acerca por primera vez al borde de un estanque que llena un manantial de agua caliente, y de él ve salir gases que apagan la llama de una bujía; el que marcha entre dos filas de volcanes cenagosos de conos variables que apenas sobresalen de su cabeza, no sospecha que, en esos espacios hoy apacibles, han sido lanzadas llamas á muchos miles de pies de altura, que la misma fuerza interior á que se deben estos fenómenos, produce indiferentemente los cráteres gigantescos de levantamiento, los volcanes devastadores del Etna y del pico de Teyde, que arrojan olas de lava, los del Cotopaxi y del Tunguragua, que despiden montones de escorias.

Digitized by Google

En esta escala de fenómenos, producidos por la reaccion del interior de la Tierra sobre su corteza esterior, elijo en primer lugar los puramente dinámicos, es decir, aquellos cuyo carácter esencial es el movimiento ondulatorio que se propaga á través de las capas sólidas de la Tierra. En este caso, la actividad volcánica no va necesariamente acompañada de trasformacion química, de la produccion ó de la eyeccion de una materia cualquiera. Por el contrario, en los demás fenómenos debidos á la reaccion del interior al esterior de la Tierra, en los volcanes de gas y de cieno, los fuegos de nafta y las salsas, como en las grandes montañas ignivomas, únicas que desde el principio y por mucho tiempo, se han denominado volcanes, no deja nunca de producirse alguna sustancia, gas elástico ó cuerpo sólido. Siempre hay allí descomposicion, desprendimiento de gas y formacion de rocas nuevas por efecto de la cristalizacion. Tales son, en su mayor generalidad, los signos distintivos de la vida volcánica de la Tierra. En tanto que esta actividad resulte en su mayor parte de la elevada temperatura de las capas inferiores del globo, es probable que todos los cuerpos celestes que han sido redondeados por un inmenso desprendimiento de calor, y han pasado del estado de vapor al estado sólido, deben presentar fenómenos análogos. Lo poco que sabemos de la configuracion de la Luna es una presuncion mas (3) en favor de esta opinion; nada impide el que se admita, aun en un cuerpo celeste privado de aire y de agua, el levantamiento de las montañas y esa actividad que trasforma una masa liquefactada en rocas cristalinas.

Que las diferentes clases de fenómenos volcánicos precedentemente enumerados estan unidos entre sí por un mismo orígen, demuéstranlo numerosas señales que acreditan tambien su simultaneidad, y el paso comun de efectos mas simples y mas pequeños á efectos mas fuertes y mas complejos. Esta consideracion justifica el órden en que he

Digitized by Google

colocado las diferentes materias. La tension del magnetismo terrestre, cuyo fundamento es preciso no buscar en las materias en fusion que llenan el interior del globo, por mas que segun Lenz y Riess, el hierro fundido tenga la facultad de conducir una corriente electrica ó galvánica, produce un desarrollo en los polos magnéticos, ó cuando menos en su proximidad. He terminado el primer capítulo del tomo consagrado á la parte terrestre del *Cosmos* con la iluminacion de la Tierra. Ese fenómeno de la produccion de la luz, resultante de las vibraciones del aire puesto en movimiento por las fuerzas magnéticas, será seguido de los fenómenos volcánicos que, en virtud de su propia naturaleza, no obran tampoco sino de una manera puramente dinámica, es decir, determinando oscilaciones en la corteza de la Tierra, pero sin producir ni trasformar sustancia alguna. Los fenómenos secundarios que no resultan necesariamente de la actividad volcánica, tales como las llamas que se elevan durante los temblores de tierra, las eyecciones de agua y el desenvolvimiento de gas que son su consecuencia, recuerdan los efectos de las fuentes termales y de las salsas. (4). Las salsas vomitan tambien llamas, lanzando á veces trozos de rocas que surjen de las profundidades de la Tierra (5), preparando en algun modo los fenómenos grandiosos de los volcanes propiamente dichos, que se limitan, á su vez, en los intervalos de las erupciones, como las salsas, á dejar escapar por las grietas vapores acuosos y gases. Tales son las conocidas analogías que ofrece, en sus diferentes grados, la actividad volcánica de la Tierra; tales las lecciones que de aquí pueden deducirse.

Digitized by Google

TEMBLORES DE TIERRA.

(Desarrollo del Cuadro general de la Naturaleza.—Véase *Cosmos*, t. I, p. 183-196*)*.

Desde que he trazado en el primer tomo de esta obra (1845), un cuadro general de los fenómenos dinámicos, debidos á la actividad volcánica de la Tierra, no ha disminuido de una manera sensible la oscuridad que envolvia el fundamento y las causas de esos fenómenos. Sin embargo, los escelentes trabajos de Mallet (1846) y de Hopkins (1847), han arrojado alguna luz sobre la naturaleza del quebrantamiento, sobre la conexion de efectos diferentes en apariencia, y sobre la independencia de los fenómenos físicos ó químicos que acompañan á los temblores de tierra ó se producen al mismo tiempo que ellos (6). Como ha demostrado Poisson, el razonamiento matemático puede servir aquí como en todas partes de gran auxilio. Las analogías entre las vibraciones de los cuerpos sólidos y las ondas sonoras del aire, que Young habia ya indicado, son particularmente propias para engendrar ideas teóricas mas satisfactorias y mas sencillas acerca de la dinámica de los temblores de tierra (7).

El cambio, la conmocion, el levantamiento, el resquebrajamiento, constituyen el carácter esencial del fenómeno de que hablamos. Debemos distinguir, de una parte, la

Digitized by Google

fuerza activa cuyo impulso determina las vibraciones; de otra, la naturaleza la propagacion y la mayor ó menor intensidad de las ondas de quebrantamiento. He descrito, en el primer tomo del *Cosmos*, lo que hiere desde luego nuestros sentidos, lo que yo mismo tuve ocasion de observar durante tantos años en el mar, sobre el lecho seco de los Llanos y á alturas de ocho á quince mil pies; al borde de los cráteres de volcanes inflamados, y en regiones de granito y de esquisto micáceo, situadas á trescientas millas geográficas de todas las erupciones de llamas; en regiones donde, en ciertas épocas, los habitantes cuentan las sacudidas subterráneas como contamos en Europa los chaparrones, donde un dia nos vimos obligados Bonpland y yo, por la inquietud de nuestros mulos á echar pie á tierra en medio de un bosque, porque el suelo habia temblado por espacio de quince ó diez y ocho minutos. Esta larga costumbre, que adquirió despues Boussingault en mayor grado todavía, predispone á observar con mas calma y atencion. El espíritu se siente en estos lugares, en situacion de recoger con una sangre fria crítica los indicios divergentes, de examinar en qué condiciones han podido producirse en la superficie de la Tierra los grandes cambios cuyas huellas se encuentran frescas todavía. Aunque ya habian trascurrido cinco años desde el espantoso temblor de tierra de Riobamba que, en algunos minutos, el 4 de Febrero de 1797 (8), ocasionó la muerte de mas de 30,000 hombres, encontramos de nuevo los conos de Moya que habian salido de la Tierra en aquel momento (9), y los Indios se servian aun, en sus chozas, de esta sustancia combustible para la coccion de sus alimentos. He podido describir los trastornos producidos en el suelo por esta catástrofe que renovó, en mayor escala, los fenómenos que habia presentado el célebre temblor de tierra de Calabria, en el mes de Febrero de 1781, y que se consideró mucho tiempo como fantasía

Digitized by Google

imaginaria, por que no era fácil esplicarlo por teorías formadas á la casualidad.

Separando, como antes se ha convenido, las consideraciones sobre la fuerza que produce el quebrantamiento, de las consideraciones sobre la naturaleza y la propagacion de las ondas, se han llegado á distinguir dos clases de problemas cuya solucion presenta dificultades muy diferentes. La primera clase no podria en el estado actual de la ciencia, suministrar resultados satisfactorios; esto es precisamente lo que debe esperarse en aquellas cosas en que se tiene la pretension de conocer hasta las últimas causas. Es sin embargo, de gran interés para la contemplacion del Mundo, buscando las leyes reales de los fenómenos sujetos á la observacion positiva, no perder nunca de vista las diversas y atrevidas esplicaciones sobre las causas de esos fenómenos, consideradas como plausibles. Respecto de todo lo que concierne á los efectos volcánicos, la mayor parte de las hipótesis se debe á la alta temperatura y á la constitucion química, diferentemente modificadas de las materias incandescentes que están en ebullicion en el interior de la Tierra. Una sola de esas hipótesis, la mas reciente, trata de esplicar los temblores de tierra en las regiones traquíticas por la falta de cohesion de las masas roquizas que ha levantado la accion volcánica. El pasaje siguiente indica con exactitud y verdad las diferentes consideraciones presentadas sobre la naturaleza de la primera impulsion que determina el quebrantamiento:

«1.° El núcleo de la Tierra se supone en estado de fusion; este estado es, con efecto, la consecuencia del modo de formacion de todo cuerpo planetario que, compuesto primitivamente de una materia gaseosa, desprende calor, á medida que pasa del estado líquido al estado sólido. Las capas esteriores fueron enfriadas en un principio por la irradiacion y se modificaron las primeras. Un desprendimiento

Digitized by Google

desigual de vapores elásticos, formados en el límite del estado líquido y del estado sólido, ya únicamente por la masa en fusion, ya tambien por el agua de mar que penetra en el interior; fallas que se abren de repente, dando paso á los vapores mas profundos, dotadas por tanto de un calor y de una tension mas intensos, que se elevan bruscamente hácia las capas mas próximas á la superficie de la tierra: tales son las causas del quebrantamiento. Como causa accesoria, independiente de la Tierra, admítese tambien la atraccion que ejercen el Sol y la Luna en la superficie liquefactada del núcleo terrestre (10), de donde resulta una presion mas fuerte, inmediatamente dirigida contra la bóveda roquiza que descansa en el núcleo de la Tierra, ó comunicándose mediatamente á los sitios en que, en los estanques subterráneos, la masa sólida está separada de la masa líquida por vapores elásticos.

2.° Háse supuesto que el núcleo de nuestro planeta consistia en masas no oxidadas, en combinaciones de metaloides con metales alcalinos y térreos. En esta hipótesis, el aire y el agua penetrando en el núcleo de la Tierra, serian los que pondrian en movimiento su actividad volcánica. Es muy cierto que los volcanes arrojan á la atmósfera una gran cantidad de vapor acuoso, pero la filtracion del agua en el foco volcánico presenta muchas dificultades, en razon á la doble presion que ejercen en sentido contrario la columna de agua esterior y la lava interior (11). La carencia, durante la erupcion, ó cuando menos la estremada rareza del gas hidrógeno inflamable, que no pueden suplir suficientemente las formaciones de ácido clorídrico (12), de amoniaco y de hidrógeno sulfurado, ha obligado al autor de esta hipótesis á abandonarla espontáneamente (13).

3.° Segun un tercer sistema, que es el del eminente esplorador de la América meridional, Boussingault, la falta de coherencia en las masas de traquito ó de dolerita, que

Digitized by Google

constituyen los volcanes levantados de la cadena de los Andes, debe considerarse como la causa principal de gran número de quebrantamientos que se han hecho sentir á grandes distancias. Segun esta congetura no se admite que los conos gigantestos y los vértices en forma de cúpulas de las Cordilleras, se hayan levantado, cuando su sustancia era todavía pastosa y se hallaba en un estado de semi-fluidez; sino que son inmensos fragmentos angulares, amontonados unos sobre otros, despues de haber llegado á estado de solidez completa. Este hacinamiento ha debido necesariamente dejar subsistir intervalos y cavernas profundas. Cuando esas bóvedas se hunden súbitamente, cuando falta bajo esas masas sólidas un punto de apoyo muy pequeño, entonces es cuando se producen los quebrantamientos (14).

Es mas fácil referir á teorías mecánicas sencillas y claras las ondas de quebrantamiento producidas por la primera impulsion, que esplicar la naturaleza de esta impulsion, que puede ser por otra parte de especies diferentes. Como he hecho observar antes, esta rama de la ciencia geognóstica ha adelantado en los últimos tiempos considerablemente. Háse representado la marcha y la estension de las ondulaciones terrestres á través de las rocas de densidad y de elasticidad distintas (15). Hánse estudiado matemáticamente las causas de la velocidad con que se propagan, y su disminucion producida por la ruptura, el reflejo y la interferencia de las oscilaciones (16). Háse tratado de referir á la línea recta las conmociones que parecen giratorias, y cuyos obeliscos colocados delante del claustro de San Bruno, en la pequeña ciudad Stephano del Bosco, en Calabria, dieron en 1783 un ejemplo frecuentemente citado (17). Es cierto que las ondulaciones de la atmósfera, del agua y de la tierra siguen en el espacio las mismas leyes, comprobadas por la teoría del movimiento; pero los efectos devastadores de

Digitized by Google

las ondas terrestres van acompañados de fenómenos cuya naturaleza les condena á permanecer desconocidos, y que entran en el dominio de la física. Entre esos efectos, conviene citar las emanaciones de vapores elásticos y de gas, ó como en los pequeños conos movibles de arcilla que se encuentran en Pelileo, la mezcla arenosa de cristales de pirogeno, de carbon y de infusorios de concha silícea. Esos conos movibles han derribado gran número de chozas habitadas por los Indios (18).

En el Cuadro general de la Naturaleza, he referido, con ocasion de la gran catástrofe acaecida en Riobamba, el 4 de Febrero de 1797, detalles recogidos de los mismos super-vivientes, en el lugar de la desgracia, con un formal deseo de distinguir la verdad histórica. Algunos eran análogos á los fenómenos que se habian presentado ya cuando el gran temblor de tierra de la Calabria, en 1783; otros nuevos, y tenian por principal carácter el de dirigirse de abajo á arriba, como en la esplosion de una mina. El temblor de tierra no fue anunciado ni acompañado de ruido alguno subterráneo. Una inmensa detonacion, designada aun hoy por las únicas palabra: *el gran ruido*, se produjo durante 18 ó 20 minutos despues, en las dos ciudades de Quito y de Ibarra, y no se oyó ni en Tacunga, ni en Hambato, ni en el teatro mismo de la catástrofe. En las tristes calamidades á que está espuesta la raza humana, no hay ninguna que pueda en menos minutos en un pais poco poblado, herir tantos miles de hombres, como la produccion y la propagacion de algunas ondas terrestres, acompañadas de resquebrajamientos.

Cuando la catástrofe de Riobamba, cuyos primeros detalles dió el célebre botánico de Valencia D. José Cavanillas, se produjeron otros hechos que merecen atencion particular. Abriéronse y se cerraron de tal manera las hendiduras, que los hombres pudieron salvarse estendien-

Digitized by Google

do los brazos. Cabalgatas ó mulos cargados desaparecieron en las grietas que se formaron á su paso, en tanto que otros huyeron el peligro echándose atrás. La superficie del suelo fué sucesivamente levantada y hundida por oscilaciones irregulares, que depositaron sin sacudida sobre el pavimento de la calle personas colocadas á mas de 12 piés de altura, en el coro de la iglesia; grandes casas vinieron á tierra, con tan poco detrimento, que los habitantes pudieron abrir las puertas del interior sanos y salvos, y esperaron dos dias á que se los sacara de ellas. Fueron de un cuarto á otro, encendieron antorchas, se alimentaron con provisiones que tenian por casualidad, ocupándose de las probabilidades de salvacion que les quedaban (19). Una cosa no menos sorprendente, es la desaparicion de masas enormes de piedras y materiales de construccion. El Viejo-Riobamba tenia iglesias y conventos rodeados de casas de muchos pisos, y, sin embargo, no encontré en las ruinas, cuando levanté el plano de la ciudad destruida, mas que montones de piedras de 8 á diez piés de altura. En la parte Sud-Oeste del Viejo Riobamba, antigumente *Barrio de Sigchuguaicu*, pudo reconocerse claramente una fuerza en direccion de abajo arriba, que produjo el efecto de la esplosion de una mina. Sobre el cerro de la Culca, de algunos centenares de piés de altura, y que domina el Cerro de Cumbicarca, situado algo mas al Norte, existen escombros mezclados con huesos humanos. En Quito, como en Calabria, hubo muchos ejemplos de traslaciones horizontales, que cambiaron paseos de árboles sin desgajarlos é hicieron resbalar unos sobre otros campos cubiertos de diferentes cultivos. Un hecho mas sorprendente aun y mas complejo, es el de haber encontrado en los escombros de una casa el mobiliario de otra, muy distante de la primera; descubrimiento que dió ocasion á un proceso. Esta confusion ¿provenia, como suponian los habitantes del país, de un hun-

Digitized by Google

dimiento del suelo á seguida del cual, los objetos se hubieran precipitado, ó es preciso creer, á pesar de la distancia, en una simple superposicion? Como en la naturaleza todo se renueva, cuando se presentan las mismas circunstancias no debe temerse llamar la atencion de los observadores futuros sobre fenómenos particulares, señalando los hechos mismos que todavía no han sido suficientemente observados.

Segun las esperiencias á que me he dedicado, es preciso no olvidar que además del quebrantamiento de las partes sólidas por las ondulaciones terrestres, fuerzas de muy distinta índole, aunque igualmente físicas, tales como las emanaciones de gas y de vapores, concurren muy frecuentemente á la formacion de las fallas. Cuando, en las ondulaciones, se pasa el límite estremo de la elasticidad de la materia en movimiento, límite variable segun la diferencia de las rocas y de los terrenos estratificados, y se verifica la ruptura, las aberturas pueden dar paso á vapores elásticos que llevan del interior á la superficie diversas sustancias, y cuyas emanaciones llegan á ser á su vez la causa de movimientos traslatorios. A esos fenómenos que acompañan la conmocion primitiva, pero que no forman necesariamente parte de ella, pertenece el levantamiento de los conos de arcilla cuya naturaleza errante no se puede negar, y probablemente tambien el trasporte de distintos objetos á la superficie de la Tierra (20). Cuando grandes grietas se cierran solo en la parte superior, dejan subsistir cavernas subterráneas, que no solamente producen nuevos temblores de tierra, á consecuencia de las masas mal sostenidas que se separan con el tiempo, segun la conjetura de Boussingault, y determinan una conmocion subterránea; sino que pueden tambien agrandar los círculos de quebrantamiento, permitiendo en adelante obrar á los vapores elásticos, en sitios á donde nunca habian llegado. Es pues un-

Digitized by Google

fenómeno accesorio el que produce el aumento sucesivo, y muy poco observado hasta aquí del círculo de quebrantamiento; no es la fuerza misma de la onda de quebrantamiento la que atraviesa una vez por todas las partes sólidas de la Tierra (21).

Casi siempre las manifestaciones de la actividad volcánica, uno de cuyos menores efectos son los temblores de tierra, comprenden simultáneamente fenómenos dinámicos y fenómenos físicos, dando vida á nuevas sustancias. He recordado muchas veces en el Cuadro general de la Naturaleza, como, lejos de todo volcán, simples fallas arrojan agua y vapores calientes, ácido carbónico y otros gases, un humo negro, semejante al que se vió durante varios dias en las rocas de Alvidras, cuando el temblor de tierra de Lisboa (1.° de Noviembre de 1755), llamas, arena, cieno y arcilla mezclada con carbon. Un geognosta de espíritu penetrante, Abich, ha demostrado el lazo que existe en el Ghilan persa, entre las fuentes termales de Sarcin, situadas á una altura de 5,050 pies, en el camino de Ardebil á Tabriz, y los temblores de tierra que quebrantan con frecuencia la meseta, de dos en dos años. En el mes de Octubre de 1848, una sacudida ondulatoria, que duró una hora entera, obligó á los habitantes de Ardebil á abandonar la ciudad, y enseguida las fuentes, cuya temperatura varía ordinariamente entre 44 y 46 grados centígrados, llegaron á ser estremadamente abrasadoras y permanecieron en este estado todo un mes (22). Quizás en parte alguna, dice Abich, ha sido mejor determinada, ni mas patente la relacion de los temblores de tierra que hienden el suelo con los fenómenos de los volcanes de cieno, salsas, gases inflamables, que penetran á través de las grietas de la Tierra, y fuentes de petróleo, como en la estremidad Sud-Este del Cáucaso, entre Schemacha, Baku y Salliam; esto es, la parte de la gran depresion aralo-caspia, en la que ha sido con mas frecuen-

Digitized by Google

cia removido el suelo por los temblores de tierra (23). Yo mismo me sorprendí de notar, en el Norte del Asia, que el círculo de conmocion cuyo centro parece ser la region del lago Baikal, no se estienda, al Oeste, hasta la cadena del Ural, sino únicamente hasta el límite mas oriental del Altai ruso, es decir, á las minas de plata de Riddersk, á la roca traquítica de la Kruglaja Sopka, y á las fuentes termales de Rachmanowka y de Aracan. Mas lejos, hácia el Sud, mas allá del paralelo 45, existe en la cadena del Thian-chan ó Montes Celestes, una zona de actividad volcánica, dirigida de Este á Oeste, cuya fuerza se revela por todos los modos de manifestacion. No solo se estiende esta zona á través de la pequeña cadena de Asferah, desde el distrito del Fuego (Ho-tscheu) hasta Baku, y de allí hasta el Asia menor, cortando al monte Ararat, sino que se cree posible seguirla, en sus oscilaciones entre los paralelos 38 y 40, hasta cerca de Lisboa y las Azores, á través de la cuenca volcánica del Mediterráneo. He tratado en otra parte detalladamente de este punto interesante de geografía volcánica (24). Tambien en la Grecia, que parece haber sufrido mas temblores de tierra que ninguna otra comarca de Europa (25), infinito número de fuentes termales, ó agotadas, ó aun corrientes, nacieron en medio de los quebrantamientos terrestres. Esta conexion entre fenómenos independientes en apariencia ha sido ya señalada en el notable libro de Lydus, *de Ostentis* (26). Con ocasion del gran acontecimiento que produjo en la Achaia el año 373 antes de Jesucristo la destruccion de Hélice y de Bura, se presentaron especialmente las hipótesis sobre el orígen comun de todos los fenómenos volcánicos (27). Aristóteles propone á este respecto la singular teoría de los vientos que penetran con violencia en las profundas cavernas de la Tierra (28). La funesta frecuencia de las conmociones subterráneas en Grecia y en la Italia inferior, al destruir bien pron-

Digitized by Google

to los monumentos de la mas brillante época del arte, fue de tristes consecuencias para el estudio de los diversos períodos de la cultura griega y latina. Los monumentos egipcios sufrieron tambien temblores de tierra, menos raros de lo que se ha pensado en el valle del Nilo, como ha hecho ver Letronne. El coloso de Memnon, roto el año 27 de la era cristiana, es ejemplo de esas mutilaciones (29).

Despues de todos los cambios físicos producidos por los temblores de tierra, y mas directamente por el resquebrajamiento del suelo, sorprende que tantas fuentes termales hayan conservado exactamente durante muchos siglos los mismos elementos y la misma temperatura. Es preciso suponer que brotan de hendiduras cuyo fondo y cuyas paredes no han esperimentado alteracion alguna. Nuevas comunicaciones con las capas mas elevadas hubieran ocasionado una disminucion de calor, aumentando por el contrario este, si se hubiesen establecido dichas comunicaciones con capas mas profundas.

Cuando el volcan de Conseguina, en el Estado de Nicaragua, tuvo su gran erupcion el 23 de Enero de 1835, los ruidos subterráneos se oyeron almismo tiempo en la isla de la Jamáica y en la meseta de Bogota, á 8,200 pies sobre el nivel del mar (30); la distancia es mayor que la de Argel á Lóndres. He hecho notar en otra parte que, cuando la erupcion del volcan de la isla de San Vicente, el 30 de Abril de 1812, á las dos de la mañana, un ruido semejante á una descarga de artillería se percibió en el espacio de 10,000 millas geográficas cuadradas, sin ningun quebrantamiento sensible (31). Es singular que, cuando el temblor de tierra va acompañado de detonacion, lo que no sucede en todos los casos, la intensidad del ruido no aumente con la de la conmocion. El fenómeno de detonacion subterránea mas raro y mas difícil de esplicar es siempre el de los *bramidos* de Guanaxuato que, dieron principio el 7

Digitized by Google

de Enero de 1784, y duraron hasta la mediados del mes siguiente. He podido recoger de los mismos testigos oculares y entre las piezas conservadas en los archivos las primeras noticias ciertas acerca de este estraño acontecimiento (32).

La velocidad con que se propaga un temblor de tierra varía necesariamente segun las densidades de las capas sólidas que atraviesa, capas de granito y de gneis, de basalto y de porfiro traquítico, de calcáreo jurásico y de yeso, y segun las de los terrenos movibles. Sería, sin embargo, de desear que pudieran llegar á conocerse con seguridad los límites en que oscila dicha velocidad. Es probable que las sacudidas mas violentas no sean las que se propaguen con mas rapidez. Las medidas, por otra parte, no se han aplicado siempre á la direccion que toman las ondas de quebrantamiento. Por estas razones, fáltannos las determinaciones matemáticas, y solo hace muy poco, y por primera vez, Schmidt, astrónomo agregado al observatorio de Bonn, obtuvo un resultado exacto y cierto acerca del temblor de tierra que se sintió en la cuenca del Rin, el 29 de Julio de 1846. Sábese que la velocidad de propagacion es de 3,739 millas geográficas por minuto, lo que equivale á 1,376 pies por segundo; esta velocidad escede á la de las ondas sonoras atmosféricas. Si se considera, por el contrario, la velocidad del sonido en el agua que, segun Colladon y Sturm, es de 4,706 pies, ó la velocidad del sonido en tubos de fundicion que, segun Biot, llega hasta 10,690 pies, este resultado parecerá relativamente muy poco considerable. Para el temblor de tierra de Lisboa (1.° de Noviembre de 1755), Schmidt reconoció, guiándose por los pocos datos exactos que pudo adquirir, que la velocidad habia sido cinco veces mayor entre las costas de Portugal y las de Holstein, que á lo largo del Rin; observando que desde Lisboa á Glucksstadt, separadas por una distancia de 295 millas geográficas, el quebrantamiento recorrió 1,916 millas por minuto,

Digitized by Google

ó 7,464 pies por segundo; 3,226 pies menos aun de los que el sonido tarda en recorrerla en un tubo de fundicion (33).

Las conmociones terrestres y las erupciones ígneas que rompen bruscamente un largo reposo, ya arrojen los volcanes simplemente escorias, ya que, semejantes á fuentes intermitentes, hagan correr tierras en fusion en torrentes de lava, tienen todas, es cierto, por causa comun y única, la elevada temperatura que reina en el interior de nuestro planeta; pero estos fenómenos se presentan las mas de las veces independientes entre sí. En la cadena de los Andes, por ejemplo, violentos temblores de tierra, propagándose en línea recta, quebrantan regiones que contienen volcanes todavía no apagados, cuya actividad se manifiesta aun con frecuencia, sin ejercer sobre ellos ninguna influencia sensible. Cuando la gran catástrofe de Riobamba, el volcan de Tunguragua, situado á poca distancia, y el Cotopaxi algo mas distante, no salieron de su reposo. Así tambien, largas y formidables erupciones han tenido lugar, sin ir precedidas ni acompañadas de temblores de tierra. Los quebrantamientos que han causado mayores estragos y recorrido espacios mas considerables, aquellos cuyo recuerdo conserva la historia, son precisamente los que, á juzgar por las observaciones que pueden hacerse en la superficie del suelo, no tienen relacion alguna con la actividad de los volcanes. Esos quebrantamientos han sido llamados recientemente plutónicos, en oposicion á los quebrantamientos volcánicos propiamente dichos, que están reducidos ordinariamente á un espacio mas pequeño. Mirando bajo un punto de vista general los fenómenos volcánicos, no se puede aprobar esta nomenclatura; seria preciso entonces llamar plutónicos á mas de la mitad de los temblores de tierra.

La causa que produce los volcanes está estendida por

Digitized by Google

do quier bajo nuestros pies. La consideracion de que el mar que cubre las tres cuartas partes de la superficie terrestre, no mantiene si no es por algunas islas esporádicas, ninguna comunicacion entre la atmósfera y el interior del globo, es decir, que no tiene volcanes activos, refuta el prejuicio muy general, de que todos los temblores de tierra deben atribuirse á la erupcion de algun volcan lejano. Los quebrantamientos de los continentes pueden ciertamente propagarse bajo el lecho de los mares, salvando sus costas, y producir esos levantamientos de olas formidables de que han dado memorable ejemplo los temblores de tierra de Lisboa, del Callao, de Lima y de Chile. Si por el contrario, los quebrantamientos salen del lecho mismo del mar y nacen en el imperio del gran agitador de la Tierra, Neptuno (σεισίχθων κινησίχθων), pueden notarse tambien, aun cuando no vayan acompañados del levantamiento de una isla, como la efímera de Sabrina ó Julia, un ruido y una hinchazon inusitada de las olas, en los lugares mismos donde el navegante no sentiria sacudida alguna. Los habitantes de las incultas riberas del Perú llamaron mi atencion frecuentemente acerca de los fenómenos de ese género. En el puerto del Callao y cerca de la isla de San Lorenzo, situada enfrente del puerto, en esos sitios tranquilos del Océano Pacífico, ví, en noches en que el viento no interrumpia su calma, amontonarse las olas, durante algunas horas, á 10 ó 14 pies de altura. La suposicion de que tal fenómeno fué consecuencia de una tempestad desencadenada á lo lejos en alta mar, no es admisible bajo estas latitudes.

Para empezar por los quebrantamientos que están encerrados en un pequeño espacio, y deben su orígen evidentemente á la actividad de un volcan, recordaré primero, como, despues del gran temblor de tierra de Nápoles (16 de Julio de 1805) y despues de la erupcion de lava que

Digitized by Google

siguió 17 dias mas tarde, sentado sobre el cráter del Vesubio, con un cronómetro en la mano por la noche, al pie de un pequeño cono de erupcion, sentí con gran regularidad, cada 20 ó 25 minutos, una conmocion en el suelo del cráter, inmediatamente antes de cada eyeccion de escorias incandescentes. Una parte de esas escorias elevadas á 50 ó 60 pies de altura, volvian á caer en la abertura misma que daba paso á la erupcion; las demas cubrian las paredes del cono. La regularidad de los fenómenos hace que la observacion no sea peligrosa. Esas ligeras sacudidas no se sentian en modo alguno fuera del cráter, ni en el Atrio del Caballo, ni tampoco en la ermita del Salvatore. Los intervalos iguales en que se sucedian las sacudidas prueban que eran independientes del grado determinado de tension que deben alcanzar los vapores, para atravesar la masa liquefactada en el interior del cono de escorias. En la vertiente del cono de cenizas, no se sentia conmocion alguna; lo mismo sucedió despues, en un fenómeno análogo, aunque de proporciones muy diferentes. Un observador muy distinguido, Wisse, no ha notado ningun temblor de tierra en el cono de cenizas del volcan de Sangai, situado á 15,894 pies de altura, al Sud-Este de la ciudad de Quito, cuando, en el mes de Diciembre de 1847, se aproximó al vértice y al cráter, á una distancia de 1,000 pies (34). Sin embargo, en el espacio de una hora, no contó menos de 267 esplosiones ó erupciones de escorias.

Una segunda especie de temblor de tierra, muy numerosa é infinitamente mas importante, es la que suele acompañar ó preceder á las grandes erupciones volcánicas, ya viertan los volcanes torrentes de lava, como sucede en Europa, ya arrojen solo masas escorificadas, cenizas y vapores, como el Cotopaxi, el Pichincha y el Tunguragua de la cadena de los Andes. Los volcanes que determi-

Digitized by Google

nan conmociones de esta naturaleza deben considerarse especialmente como válvulas de seguridad, segun decia ya Strabon respecto de la hendidura que esparcia lavas cerca de Lelante, en Eubea. Los temblores de tierra cesan inmediatamente despues de la gran erupcion.

Pero las ondas de quebrantamiento cuyos estragos se estienden por grandes espacios (35) son las que se propagan en regiones faltas de masas traquíticas y de volcanes, ó que atravesando, por el contrario, regiones traquíticas y volcánicas, como las cordilleras de la América meridional y de Méjico, no ejercen por lo menos influencia alguna en los volcanes á que se aproximan. Esas especies de conmociones componen un tercer grupo de fenómenos, el mas propio para el convencimiento de la existencia de una causa general, que no es otra que la constitucion térmica del interior de la Tierra. A este tercer grupo pertenece el caso, muy raro por otra parte, de las conmociones que, en países poco volcánicos y poco visitados por los temblores de tierra, quebrantan el suelo sin interrupcion, durante meses enteros, en un espacio estremadamente estrecho, y hacen temer la formacion de un volcan activo. Esto aconteció en el Piamonte, en los valles de Clusson y de Pélis, y cerca de Pignerol, en los meses de abril y de mayo de 1808, en Murcia, entre Orihuela y la ribera del mar, en un espacio que tenia apenas una milla cuadrada, en la primavera de 1829. Cuando, en el interior de Méjico, en la vertiente occidental de la meseta de Mechoacan, la llanura cultivada de Jorullo fué agitada por un temblor de tierra que duró sin interrupcion 90 dias, el volcan se elevó, rodeado de muchos millares de conos, de 5 á 7 piés de altura (los hornitos), y esparció un torrente de lava que se agotó pronto pero muy abundante. En el Piamonte y en España, por el contrario, cesaron las conmociones insensiblemente, sin que ocurriese ningun otro acontecimiento natural.

Digitized by Google

He creido necesario distinguir las diferentes especies de fenómenos por que se manifiesta una sola y misma fuerza, la actividad volcánica, es decir, la reaccion del centro de la Tierra contra su superficie; y lo he hecho con el fin de guiar al observador, y de acumular materiales que puedan llevar á cálculos fecundos sobre el orígen comun de esos fenómenos. A veces, la actividad volcánica abarca, ya simultáneamente, ya en cortos intervalos, una parte tan considerable del cuerpo terrestre, que los quebrantamientos que produce pueden atribuirse á muchas causas que obran al mismo tiempo y están unidas entre sí por un lazo comun. Los años 1796 y 1811 particularmente ofrecen memorables ejemplos de ese concurso de fenómenos (36).

Digitized by Google

FUENTES TERMALES.

Desarrollo del Cuadro general de la Naturaleza.—(Véase el *Cosmos*, t. I, p. 195-201.)

Hemos representado los temblores de tierra como una consecuencia de la actividad vital que anima el interior del cuerpo terrestre, y se manifiesta por fenómenos irregulares y con mucha frecuencia desastrosos. Los temblores de tierra estan regidos por una fuerza volcánica; pero esta fuerza, considerada en sí misma, se limita á darle impulso y á quebrantar el suelo, obrando dinámicamente. Es preciso que esté favorecida en ciertos puntos por circunstancias accesorias, para que llegue á ser capaz, no diré de producir sustancias, como sucede en los volcanes propiamente dichos, sino de atraer sustancias á la superficie de la Tierra. Si, en los temblores de tierra, acontece alguna vez, que sean arrojadas á través de las grietas abiertas súbitamente, agua, vapores, petróleo, mezclas de diferentes gases ó masas semi-líquidas de cieno y de arcilla, durante un corto tiempo, por otra parte, se escapan fluidos líquidos y gaseosos, de una manera permanente, del seno de la Tierra, á través de la red de grietas que la envuelve. Al lado de los cortos y violentos fenómenos de erupcion, colocamos el estenso y tranquilo sistema de las fuentes, cuya bienhechora accion reanima y sostiene la vida orgánica. Durante miles de años las fuentes devuelven á la creacion organizada, lo que las lluvias han quitado de humedad á la atmósfera. Los fenómenos análogos se esplican uno por otro en la eterna eco-

Digitized by Google

nomía de la naturaleza; y cuando se tiende á generalizar las consideraciones, es preciso no despreciar el íntimo encadenamiento que une los hechos, cuya afinidad ha sido comprobada.

La division de las fuentes en fuentes calientes y fuentes frias, division tan estendida y que parece tan natural en la práctica del lenguaje, es de un fundamento inseguro cuando se la quiere referir á evaluaciones termométricas. Si se compara el calor de las fuentes con el calor interno del hombre, que Bréchet y Becquerel, por medio de aparatos termo-eléctricos, han encontrado que está comprendido entre 36°,7 y 37°, el grado del termómetro á que un líquido puesto en contacto con el cuerpo humano, se considera como frio, caliente ó abrasador varía segun las impresiones individuales. No puede haber una temperatura fija mas allá de aquella en que una fuente está reputada como caliente. Háse propuesto llamar fria, en cada zona de clima, á una fuente cuya temperatura media anual no esceda de la temperatura media anual de la atmósfera; esta combinacion ofrece gran exactitud científica, permitiendo comparar números determinados. Tiene además la ventaja de inducir á consideraciones acerca de los diferentes orígenes de las fuentes, en atencion á que la igualdad entre la temperatura del agua y la temperatura anual del aire se reconoce inmediatamente por las fuentes invariables; mas para las fuentes variables es necesario, segun ha demostrado Wahlenberg y Erman padre, tomar los términos medios de los meses de invierno y de los meses de verano. Desgraciadamente, segun este criterio, hay una zona tal donde deberia reputarse como cálida una fuente, que alcanzaria apenas la sétima ó la octava parte de la temperatura de una fuente reputada como fria en una zona mas próxima al ecuador. Basta recordar la diferencia entre la temperatura media de Petersburgo (3°,4) y la de las orillas del Orinoco. Las fuen-

Digitized by Google

tes mas puras, cuyas aguas he probado en la region cercana á las cataratas de Atures y de Maipures (37) ó en los bosques del Atabapo, tenian una temperatura de mas de 26°. La temperatura de los grandes rios de la América tropical corresponde al estado termométrico de esas fuentes reputadas por frias (38).

La emergencia de las fuentes, debida á diferentes efectos de presion y á un sistema de hendiduras llenas de agua que se comunican entre sí, es un fenómeno tan generalmente estendido en la superficie de la Tierra que, en algunos puntos, brotan de las capas mas elevadas de las montañas, y en otros salen del fondo del mar. En los veinticinco primeros años de este siglo, Buch, Wahlenberg y yo hicimos numerosas esperiencias sobre la temperatura de las fuentes y la distribucion del calor en el interior de la Tierra, desde 12° de latitud austral hasta 71° de latitud boreal (39). Las fuentes cuya temperatura es invariable fueron cuidadosamente distinguidas de aquellas cuya temperatura cambia con las estaciones, y Buch reconoció la poderosa influencia de la distribucion de las lluvias en el trascurso del año, ó en otros términos, la influencia de la relacion entre las lluvias de invierno y las lluvias de verano, sobre la temperatura de las fuentes variables, que son las mas numerosas. Las aproximaciones ingeniosísimas de Gasparin, de Schouw y de Thurmann han arrojado, en los últimos tiempos, nueva luz sobre dicha influencia considerada bajo este punto de vista geográfico é hipsométrico, es decir, segun las latitudes y las alturas (40). Wahlenberg ha pretendido que, en las latitudes muy altas, la temperatura media de las fuentes variables es superior en poco á la temperatura media de la atmósfera; ha buscado las causas de esta diferencia, no en la sequedad de un aire muy frio y en la rareza de las aguas pluviales que es su consecuencia, sino en la cubierta de nieve que

Digitized by Google

proteje el suelo y disminuye la irradiacion del calor. En las llanuras del Asia setentrional, donde se halla, á algunos piés de profundidad, una capa de hielo perpétuo, ó cuando menos un suelo movible superficial mezclado de pedazos de hielo (41), no puede aplicarse sino con mucha prudencia la temperatura de las fuentes á la esplicacion de la importante teoría de Kupffer sobre las líneas isogeotermas. Se efectúa, en estos lugares, en la capa superior de la corteza terrestre, una doble irradiacion: la dirigida de abajo á arriba hácia la atmósfera, y la que va de arriba á abajo hácia la capa de hielo. Una larga série de observaciones preciosas, que mi compañero y amigo Rose recogió, en un verano abrasador, en fuentes que aun estaban cubiertas de hielo, entre Irtysch, el Obi y el mar Caspio, ha mostrado una gran complicacion de perturbaciones locales. Semejantes perturbaciones se producen, por otras causas, en la zona de los trópicos, en los sitios en donde brotan fuentes alpinas, bien de mesetas situadas á ocho ó diez mil piés sobre el nivel del mar, como en Micuipampa, en Quito, en Bogotá, bien de las cimas agudas de montañas aisladas que se elevan á muchos miles de piés sobre esas mesetas; y no solo influyen esos fenómenos en una parte mucho mas considerable de la superficie terrestre, sino que son tambien para el físico razon para considerar las relaciones termométricas análogas, á que dan lugar los países montañosos de la zona templada.

Ante todo, es necesario, en asunto semejante, distinguir las observaciones reales de las consecuencias teóricas. El resultado que buscamos, espresado de la manera mas general, comprende la distribucion del calor en la parte accesible de la corteza terrestre, en el Océano y en la atmósfera. Las dos envueltas de la Tierra, las capas superpuestas de la envuelta líquida y las de la envuelta gaseosa, están sometidas, siguiendo la direccion vertical, á cambios de tem-

Digitized by Google

peratura en sentido contrario. En las partes sólidas de la Tierra, la temperatura crece con la profundidad, el cambio se opera con proporciones diferentes, pero en el mismo sentido que en el Océano atmosférico, cuyos bajíos y escollos están formados por las mesetas y las cimas de las montañas diversamente configuradas. Conocemos exactamente, por esperiencias directas, el calor de la atmósfera: geográficamente segun las determinaciones de lugares en longitud y latitud, hipsométricamente por la medida de las alturas verticales sobre el nivel del mar; pero, en los dos casos, no percibimos mas que la temperatura de las capas del aire casi en contacto inmediato con la parte sólida y la parte líquida de la superficie terrestre. Sin contar el efecto debido á la gran proximidad de la Tierra, las investigaciones científicas y sistemáticamente ordenadas, hechas con los aereostáticos en pleno mar atmosférico, han sido hasta aquí muy raras para permitir determinar, como es tan necesario, las evaluaciones numéricas de los estados medios. Para la disminucion del calor en las profundidades del Océano, no faltan las observaciones; pero las corientes que traen de latitudes y profundidades diferentes aguas de desigual densidad se oponen mas aun quizá que las corrientes atmosféricas á que se obtengan resultados generales. Sencillamente he indicado, de pasada, las condiciones termométricas de las dos envueltas de nuestro planeta; me reservo volver á ocuparme de cada una de ellas; pero he querido no mirar separadamente, como un hecho aislado, la influencia de la distribucion vertical del calor en la corteza de la Tierra, es decir, del sistema de las líneas isogeotermas. He creido que convenia considerar esta distribucion como una parte del movimiento del calor que lo penetra todo, y efecto de una fuerza verdaderamente cósmica.

Por instructivas que puedan ser, bajo muchos conceptos, las observaciones sobre la temperatura de las fuentes inva-

Digitized by Google

riables, que está en razon inversa de la altura de su punto de emergencia, esta relacion no está regida mas que por leyes locales, que no hay fundamento para considerar, aunque se hace con mucha frecuencia, como una de las leyes generales que presiden el calor interno de la Tierra. Si fuese cierto que el agua pudiera recorrer un espacio considerable sobre una capa horizontal, sin sufrir mezcla, sería muy sencillo creer que ha tomado poco á poco la temperatura de las rocas con que está en contacto. Pero en la estensa red de grietas que surcan las masas levantadas, este caso no puede producirse sino rara vez; aguas mas frias, porque son mas altas, se mezclan con las aguas inferiores. Nuestras minas, aunque ocupan poco espacio en profundidad, son muy instructivas bajo este respecto. Pero para llegar inmediatamente al conocimiento de las líneas isogeotermas, no hay mas que recurrir al método de Boussingault y enterrar termómetros á alturas muy diferentes sobre el nivel del mar, y debajo del punto donde se hace sentir aun la influencia de las variaciones de temperatura que se verifican en las capas inferiores de la atmósfera (42). Desde el paralelo 45 hasta las regiones próximas al ecuador, la profundidad á que empieza la capa de temperatura invariable decrece de 60 pies hasta pie y medio ó dos pies. Solo, pues, en los trópicos ó en la zona subtropical es de fácil ejecucion el procedimiento de Boussingault. Hasta aquí, los físicos no han podido aprovechar sino en localidades cuyas alturas esceden apenas de 1,500 pies sobre el nivel del mar el escelente recurso de los pozos artesianos que, en profundidades absolutas de 700 á 2,200 pies, dan un descenso de 91 á 99 pies para un grado del termómetro centígrado (43). He visitado en la cadena de los Andes, á 6° 45 de latitud austral, pozos cavados por el hombre en minas de plata, á una altura de cerca de 2,400 pies; la temperatura del agua que filtraba á través de las hendi-

Digitized by Google

duras del calcáreo era de 11°,3 (44). Las aguas que se hacian calentar para los baños del Inca Tupac-Yupanqui en la falda de los Andes, en el *Paso del Assuay*, provienen probablemente de las fuentes de la *Ladera de Cadlud*, donde encontré el emplazamiento de la antigua senda peruana, á una elevacion de 14,568 pies, segun las indicaciones del termómetro, casi á la altura del Mont-Blanc (45). Estos son los puntos mas elevados donde he podido examinar fuentes en la América del Sud. En Europa, los hermanos Schlagintweit midieron en los Alpes orientales, y á 8,860 pies de altura, la temperatura de las aguas que llenaban el fondo de las galerías, en una mina de oro llamada Goldzecha, y la de pequeñas fuentes próximas á la abertura de los pozos. Encontraron solo, á distancia de la nieve y de los hielos, 0°,8 (46). Los límites superiores de las fuentes varían mucho segun las latitudes geográficas, la altura de la línea de las nieves y la relacion de las cimas mas elevadas en las mesetas y en la cresta de las montañas.

Si se supone aumentado el rádio de la tierra en la altura del Kintschindjunga, una de las montañas mas elevadas de la cadena del Himalaya, es decir, en una longitud de 26,000 pies, esa prolongacion, igual á $^1/_{800}$ solamente del rádio terrestre, dejará subsistir, segun la teoría de Fourier, la temperatura de la superficie terrestre casi como hoy está. Pero si sobre puntos aislados de la Tierra se levantan cadenas de montañas, dominadas por cimas estrechas, que son como los escollos del Océano atmosférico, se producirá, de abajo á arriba, en el interior de esas masas levantadas, un descenso de temperatura, modificado por su contacto con capas de aire de diferentes temperaturas, por la capacidad para el calórico y la conductibilidad de rocas heterogéneas, por la insolacion de los vértices y de las vertientes, y por la irradiacion del calor, que depende del relieve de las montañas, de su poderosa masa, ó de

Digitized by Google

su forma cónica ó piramidal. La elevacion particular de la region de las nubes, la cubierta de nieve y de hielo cuyo nivel varía con el límite de las nieves perpétuas, la frecuencia de las corrientes que, á ciertas horas del dia, bajan las pendientes escarpadas de las montañas y refrescan la atmósfera, cambian el efecto de la irradiacion terrestre. A medida que se enfria la cresta dentada de las montañas, se forma de abajo á arriba, en el interior, una corriente de calórico que se esfuerza, sin poder conseguirlo, en restablecer el equilibrio. Reconociendo que la repartición vertical del calor es funcion de tantas causas diferentes, se llega, por la complicacion y la conexion de esos fenómenos locales, á conjeturas fundadas, pero no á determinaciones numéricas directas. Pueden mezclarse con frecuencia á las fuentes de montañas, de las cuales las mas altas son especial y cuidadosamente buscadas por los cazadores de gamuzas, aguas estrañas, que caen de mayor altura y traen consigo la temperatura mas baja de las capas superiores, ó que viniendo, por el contrario, de mas bajo, comunican á la fuente una temperatura mas elevada. De las observaciones hechas por Wahlenberg sobre esas fuentes, deduce Kaemtz que es preciso elevarse en los Alpes 900 ó 960 pies para ver bajar un grado la temperatura de las fuentes. Las esperiencias mas numerosas y mas circunspectas que Hermann y Schlagintweit hicieron en los Alpes Karínticos orientales y en los Alpes suizos occidentales, sobre el Monte-Rose, dan únicamente 720 pies. Segun el gran trabajo de esos escelentes observadores (47), el descenso de la temperatura de las fuentes, es en todos los casos, mas lento que el de la temperatura media anual del aire, que, en los Alpes, es de 1° para 540 pies. A igual nivel, las fuentes son, en estas montañas, mas calientes que la temperatura atmosférica media, y esta diferencia crece con la altura. La temperatura del suelo no

Digitized by Google

es la misma, á idéntica altura, en toda la cadena de los Alpes; las líneas isotermas que unen los puntos de igual temperatura de las fuentes se levantan tanto mas sobre el nivel del mar, abstraccion hecha de la latitud geográfica, cuanto mas considerable es el hinchamiento medio del suelo circundante. Todo ello, por lo demás, está conforme con las leyes de la distribucion del calor en un cuerpo sólido, cuyas partes difieren entre sí en altura y en espesor; así es como se puede comparar el relieve de los Alpes.

En la cadena de los Andes, y precisamente en la parte volcánica que presenta las elevaciones mas considerables, los termómetros enterrados debajo de la superficie del suelo pueden en ciertos casos producir resultados erróneos, por la influencia de circunstancias locales. Yo creí en un principio que las crestas de rocas que atraviesan la region de las nieves, y que se creen destacar en negro desde lejos, no deben siempre su completa desnudez solo á su configuracion y á su escarpadura. Convencido de que este fenómeno reconocia otras causas, tambien hundí un termómetro á tres pulgadas en la arena que llenaba una grieta de una de esas crestas de rocas. Estaba en el Chimborazo á 17,160 pies de altura, 3,350 pies sobre la cima del Mont-Blanc; el termómetro marcó constantemente 5°,8, mientras que el aire era solo de 2°,7. El resultado de esta observacion tiene alguna importancia; porque ya, 2,400 pies mas abajo, en el volcan de Quito, en el límite inferior de las nieves perpétuas, Boussingault y yo encontramos, despues de gran número de esperiencias, que el calor medio de la atmósfera no escede de 1°,6. La temperatura terrestre indicada antes, 5°,8, debe, pues, atribuirse al calor alimentado en la montaña formada de dolerita, no por la masa misma de la montaña, sino por las corrientes de aire que suben del interior. Existe, además, cerca del pueblo de Calpi, al pie del Chimborazo, á 8,900 pies de altu-

Digitized by Google

ra, un pequeño cráter de erupcion, el Yana-Urcu, que parece haber estado en actividad hácia mediados del siglo xv, como lo acredita su roca negra y escorificada (pórfiro augítico) (48).

La aridez de la llanura en medio de la cual se levanta el Chimborazo, y el arroyo subterráneo cuyo murmurio se oye debajo de la colina volcánica del Yana-Urcu, nos inspiraron, á Boussingault y á mí, en épocas muy diferentes, la idea de que las aguas producidas cada dia por el derretimiento de las nieves, cerca del límite inferior de las perpétuas, se filtran en las profundidades del suelo por las grietas y las cavernas de los volcanes (49). Esas aguas enfrian incesantemente las capas á través de las cuales se precipitan. Sin ellas, las montañas de dolerita y de traquito, aunque nada haga temer una erupcion próxima, sacarian de su foco volcánico, situado quizá á profundidades desiguales, bajo diversas latitudes, pero siempre en actividad, una temperatura interior todavía mas elevada. Así, merced á esas influencias alternativas de calor y de enfriamiento, reina contínuamente un flujo de calor, de arriba abajo, y de abajo arriba, sobre todo en los sitios donde las montañas elevan sus picos agudos en medio de los aires.

Pero el área de las montañas y de las altas cimas que las dominan ocupa muy poco sitio, comparada con el relieve de los continentes, y además es sabido que el fondo de los mares forma las dos terceras partes de toda la superficie terrestre. Segun el estado actual de los descubrimientos geográficos en ambos hemisferios, el mar está con la tierra en la relacion de 8 á 3. El fondo del mar se halla en contacto inmediato con las capas de agua que, poco saladas y superponiéndose en el órden de las densidades, cuyo máximum es de 3°,94, tienen una temperatura casi glacial. Las observaciones exactas de Lenz y Du Petit-Thouars han demos-

Digitized by Google

trado que en medio de los trópicos, en los lugares del Océano en donde el termómetro señala, en la superficie, 26 ó 27 grados de calor, ha podido sacarse de una profundidad de 7 á 800 brazas, agua á 2° $^1/_2$, de donde debe deducirse la existencia de las corrientes sub-marinas que llevan el agua fria desde los polos al ecuador. Este enfriamiento contínuo de las regiones inferiores del Océano, que se manifiesta en la mayor parte de la superficie terrestre, tiene consecuencias mas dignas de observacion que lo que se ha creido hasta aquí. Los escollos y las islas poco estensas que salen del lecho del mar y se elevan hasta la superficie de las aguas, las estrechas lenguas de tierra que, como el itsmo de Panamá y de Darie, están bañadas por los grandes mares, deben ofrecer, en las capas superpuestas de que se componen, otra distribucion del calor que las regiones de igual estension y de masa igual, situadas en el interior de los continentes. En una isla montañosa muy elevada, la parte submarina está en contacto con el elemento líquido cuya temperatura va creciendo de abajo arriba, pero desde el momento en que las capas terrestres cesan de estar bañadas por las olas y entran en la atmósfera, están sometidas á la influencia de la insolacion y de la libre irradiacion del calórico latente, y se hallan en contacto con un fluido gaseoso cuya temperatura decrece con la altura. Las mismas relaciones de temperatura creciente y decreciente siguiendo la direccion vertical se vuelven á presentar en el estrecho Ust-Urt que separa dos grandes mares mediterráneos, el mar Caspio y el lago de Aral. Para esclarecer esos fenómenos complicados, es necesario emplear esclusivamente los medios que nos hacen conocer directamente el calor interno de la Tierra, tales como los pozos artesianos cavados á gran profundidad. Seria peligroso limitarse á medir la temperatura de las fuentes ó la del aire en las cavernas; esto daria resultados tan poco seguros como la tempe-

Digitized by Google

ratura del aire encerrado en las galerías y en los cuartos de las minas.

Cuando se comparan llanuras bajas con una meseta montañosa ó crestas de montañas escarpadas, de muchos miles de pies de altura, se reconoce que la ley del calor creciente ó decreciente no depende solo de las alturas verticales relativas. Si en la hipótesis de un cambio determinado de temperatura para un cierto número de pies, se midiese la distancia en altura que separa la llanura y el vértice de la montaña, ya partiendo de la llanura, ya partiendo del vértice, se encontraria, en el primer caso, el vértice demasiado frio; en el segundo caso, la capa que, en el interior de la montaña, está á nivel con la superficie de la llanura, mucho mas caliente. La distribucion del calor en las ondulaciones de la superficie terrestre depende, como se ha visto antes, de la fuerza, de la masa y de la conductibilidad, de la insolacion y de la irradiacion del calor hácia capas de aire trasparentes ó cargadas de nubes, del contacto y del juego de las corrientes ascendentes y descendentes de aire. Segun estas conjeturas, deberia haber, á alturas de 4 ó 5,000 pies solamente, gran número de fuentes cuya temperatura escederia en 40 ó 50 grados la temperatura media de la llanura. ¿Cuánto mas verdadero no seria esto en los trópicos, al pie de las montañas, que, á 14,000 pies de altura, están aun libres de las nieves perpétuas y no presentan roca alguna volcánica, sino solamente gneis y esquisto micáceo? (50). El gran matemático Fourier, vivamente interesado en la descripcion de la llanura donde tuvo su erupcion el Jorullo, y en la cual era imposible descubrir, á muchos centenares de millas cuadradas á la redonda, ninguna señal estraordinaria de calor terrestre, se ocupó, á instancia mia, en el mismo año que precedió á su muerte, de resolver la segunda cuestion: ¿cómo en los levantamientos de montaña y cambios que

Digitized by Google

sobrevienen en la superficie de la Tierra, se equilibran las fajas isotermas con la nueva forma del suelo? la irradiacion lateral de capas situadas al mismo nivel, aunque desigualmente cubiertas, es mas importante para la distribucion del calor que lo es, en lugares donde se distingue fácilmente la superposicion de las capas, la inclinacion de las superficies que las separan.

He dicho ya en otro lugar que las fuentes termales situadas en los alrededores de la antigua Cartago, probablemente las fuentes de Pertusa, las *aquæ calidæ* de Hammam el Enf, indujeron á San Patricio, obispo y mártir, á discernir las verdaderas causas de la diferencia de temperatura en las aguas saltadoras (51). A la cuestion propuesta en son de burla por el procónsul Julio: *quo auctore fervens hæc aqua tantum ebulliat*? Patricio contestó desenvolviendo la teoría del calor central «que produce las erupciones del Etna y del Vesubio, y calienta las fuentes, tanto mas, cuanto de mas bajo vienen.» El Piriflegeton de Platon era el infierno para el santo obispo; mas como si hubiera querido recordar uno de aquellos infiernos frios de los Budistas, á pesar de las leyes de la Física, admite sin gran esfuerzo, como eterno suplicio de lós impíos, *aquam gelidissimam concrescentem in glaciem*.

Las fuentes termales que se aproximan al punto de ebullicion del agua y se elevan á la temperatura de 90 grados, son mucho mas raras de lo que generalmente se cree, fundándose en inexactos esperimentos; por lo menos, puede asegurarse que únicamente se encuentran en los alrededores de los volcanes en actividad. He tenido la suerte de examinar dos de las fuentes mas importantes de esta clase cuando mi viaje á América, y ambas situadas bajo los trópicos. Las *aguas de comangillas* brotan de una montaña de basalto que hay en Méjico, cerca de Chimequillo y de las minas de plata de Guanaxuato, á 21° de latitud

Digitized by Google

boreal (52). En Setiembre de 1803 era su temperatura de 96°,4. Aquella masa basáltica ha roto, formando filon, un pórfido columnario que descansa sobre un depósito de sienita blanca, rica en cuarzo. A mayor elevacion, aunque á poca distancia de esta fuente casi en ebullicion, cerca de los Joares y al Norte de Santa Rosa de la Sierra, cae la nieve á la altura de 8,160 pies, desde el mes de Diciembre al de Abril, y los indígenas hacen hielo todo el año por efecto de la irradiacion, en estanques preparados á este objeto. En el camino de Nueva-Valencia, en los *valles de Aragua*, en Portocabello, á 10°15′ próximamente de latitud, he visto saltar de un granito estratificado, que no pasa al gneiss y en la vertiente setentrional de la cordillera costera de Venezuela, las *aguas calientes de las Trincheras*. La temperatura de esta fuente era en el mes de Febrero de 1800, 90°,3 (53), mientras que los *baños de Mariara*, que tambien están situados en los *valles de Aragua*, aunque en medio del gneiss, señalaban 59°,3. Veintítres años mas tarde, en el mes de Febrero asímismo, hallaron Boussingault y Rivero para los *baños de Mariara*, 64°,0, y para las *Trincheras de Portocabello*, á pequeña altura sobre el mar de las Antillas, 92°,2 en uno de los estanques, 97°,0 en el otro (54). Habíase, pues, elevado la temperatura de dichas fuentes, durante el intervalo de los dos viajes, la de Mariara 4°,7, y 6°,7 la de las Trincheras. Boussingault ha hecho observar fundadamente que en este mismo intervalo, y el 26 de Marzo de 1812, tuvo lugar el espantoso terremoto que destruyó á Caracas. Indudablemente la conmocion fue menos violenta en la superficie del suelo á los alrededores del lago de Tacasigua, donde Nueva-Valencia se halla situada; mas no es creible que en el interior de la Tierra, donde vapores elásticos obran sobre las grietas, haya podido un movimiento, que tan lejos se propaga y con tal violencia, cambiar fácilmente la red de las

Digitized by Google

fallas y abrir canales que arrastran las aguas de mas abajo. Las termales de las Trincheras, que brotan de una formacion granítica, casi son puras, puesto que no contienen sino una pequeña cantidad de sílice en disolucion y gas ácido hidrosulfúrico (hidrógeno sulfurado), con algo de ázoe. De estas aguas, y despues de infinitas cascadas pintorescas, de vegetacion lujuriosa rodeadas, nace el *Pico de Aguas calientes*, poblado de cocodrilos que el calor atrae. Tambien sale del granito, en la parte mas setentrional de la India, la abrasadora fuente de Jumnotri, que cuenta 90°; como situada á 10,180 pies de altura en que la presion atmosférica disminuye, su temperatura viene á ser, con corta diferencia, el punto de ebullicion del agua (55).

Entre los manantiales calientes intermitentes, los que sirven en Islandia para cocer los alimentos, sobre todo el gran Geyser y el Strokkr, son justamente célebres. Segun las delicadas investigaciones á que se dedicaron en los últimos tiempos, Bunsen, Sartorius de Waltershausen y Descloiseaux, la temperatura de esos dos surtidores de agua disminuye de una manera notable durante su ascension. El Geyser tiene un cono truncado de 25 á 30 pies de altura, formado de capas horizontales de sílice concrecionada. En ese cono está cavado un estanque de 52 pies de diámetro, en medio del cual, el tubo, de un diámetro tres veces menor, que dá paso á la fuente, se hunde entre paredes verticales, á una profundidad de 70 pies. La temperatura del agua que llena contínuamente el estanque es de 82°. A intervalos muy regulares de una hora y veinte minutos ó de hora y media, un ruido semejante al trueno indica, en el fondo de la fuente, el principio de la erupcion. Los surtidores de agua, de un espesor de nueve pies, tres de los cuales mayores que los otros, se suceden inmediatamente, se elevan hasta 100 y á veces hasta 140 pies. A 68 de profundidad, muy poco antes de la erupcion, la temperatu-

Digitized by Google

ra del agua, ya en el tubo, se ha encontrado á 127°; durante la erupcion era de 124°,2. Casi inmediatamente despues caia á 122°, y en la superficie del estanque no era mas que de 84 ú 85. El Strokkr, situado igualmente al pié del Bjarnafell, tiene una masa de agua menor que el Geyser. Las concreciones que forman las orillas del estanque miden solo algunas pulgadas de altura y ancho. Las erupciones son más frecuentes que en el Geyser, pero no se anuncian por detonaciones subterráneas. En el Strokkr, la temperatura es, á 40 piés de profundidad, é inmediatamente antes de la erupcion, de 113 ó 115 grados; en la superficie del suelo solo de 100°. El salto de esas fuentes intermitentes y las ligeras modificaciones que pueden verificarse en el carácter de los fenómenos, son en un todo independientes de las erupciones del Hécla; las de 1845 y 1846 no produjeron suspension ni interrupcion alguna (56). Bunsen, con la sagacidad que lleva siempre á la observacion y discusion de los hechos naturales, ha rebatido las hipótesis anteriores acerca de las erupciones periódicas de los Geysers, que se disponian, decíase, en fuentes subterráneas, grandes recipientes alternativamente llenos de vapor y de agua. Segun Bunsen, las erupciones provienen de que cierta parte de una columna de agua situada muy abajo, y que, por la presion de vapores acumulados, ha adquirido un alto grado de temperatura, es impelida hácia adelante, y no sufre mas que una presion que no corresponde á esta temperatura. Así los Geysers son colectores naturales de fuerzas elásticas.

Entre los manantiales calientes, solamente algunos se acercan á la pureza absoluta; conteniendo otros en disolucion de 8 á 12 partes de materias sólidas ó gaseosas. A los primeros pertenecen las fuentes medicinales de Luxeuill de Pfeffers y de Gastein, cuyo modo de accion en razon misma de su pureza, es muy difícil de definir (57). Como las

Digitized by Google

fuentes están alimentadas principalmente por las aguas pluviales, todas contienen ázoe, segun lo ha demostrado Boussingault, en la fuente purísima llamada las *Trincheras de Portocabello*, que corre por rocas graníticas (58), y Bunsen en la fuente de Cornelio en Aquisgran, y en el Geyser de Islandia (59). Las materias orgánicas que están en disolucion en muchas fuentes, contienen tambien azoe y aun algunas betun. Hasta que no se supo por las esperiencias de Gay-Lussac y por las mias, que los gases disueltos en el agua pluvial y en la nieve derretida contienen, el diez por ciento el uno, ocho por ciento el otro de oxígeno, mas por consiguiente del que hay en el aire atmosférico, causaba gran sorpresa encontrar, al analizar las fuentes de Nocera, en los Apeninos, una mezcla de gas rico en oxígeno. Los análisis hechos por Gay-Lussac, durante el tiempo que pasamos cerca de esta fuente alpina, han demostrado que no encierran mas oxígeno que el que le han podido comunicar las aguas pluviales (60). Si sorprende ver los depósitos silíceos hechos por la Naturaleza, como materiales de construccion, para componer los aparatos de los Geysers, que podrian tomarse por objetos de arte, el asombro disminuye cuando se recuerda que la sílice está estendida tambien un gran número de fuentes frias, que contienen una cantidad muy pequeña de ácido carbónico.

Las fuentes acídulas y las emisiones de gas carbónico, atribuidas mucho tiempo á depósitos de hulla y de lignito, parecen mas bien el producto de la actividad volcánica, actividad estendida por doquier, y que no se manifiesta solo en los lugares donde las rocas volcánicas señalan el sitio de antiguas erupciones ígneas. Las emisiones de gas carbónico son, en verdad, el fenómeno que sobrevivió más, en los volcanes apagados, á las catástrofes plutónicas; sucediendo á la fase de actividad de las solfataras, y produciéndose á la vez con erupciones abundantes de aguas cargadas de

Digitized by Google

ácido carbónico, que salen á temperaturas muy diferentes, del gneis y de las montañas de aluvion, antiguas ó recientes. Las fuentes acídulas se saturan de carbonatos alcalinos, especialmente de carbonato de sosa, en todos los lugares donde aguas cargadas de ácido carbónico obran sobre rocas que contienen silicatos alcalinos (61). En la Alemania del Norte, gran número de fuentes acuosas y gaseosas de ácido carbónico presentan la particularidad sorprendente, de que las aguas ó los gases salen de capas dislocadas, y aparecen en valles circulares como en Pyrmont, en Driburg, etcétera. Hoffmann y Buckland dieron, cada uno de por sí, y casi al mismo tiempo, á esas depresiones del suelo el nombre característico de valles de levantamiento ó elevacion (valleys of elevation).

En las fuentes comunmente llamadas fuentes sulfurosas, el azufre no se combina siempre de la misma manera. Gran número de entre ellas en que no existe carbonato de sosa, contienen probablemente hidrógeno sulfurado en disolucion. En otras, por el contrario, como las fuentes del Emperador, de Cornelio, de la Rosa y de Quirino, en Aquisgran, los gases que se obtienen, privando las aguas de aire por ebullicion, no ofrecen rastro alguno de oxígeno sulfurado, segun las investigaciones de Bunsen y de Liebig; y en cuanto á las burbujas de gas que se elevan sobre el agua, la fuente del Emperador es la única en que esas burbujas contienen 31 partes de cada 100 de oxígeno sulfurado (62).

Hé sido el primero en hacer conocer el notable fenómeno de una fuente termal que da vida á todo un rio cargado de ácido sulfúrico, al rio Vinagre, llamado por los indígenas Pusambio. El rio Vinagre brota á 10,000 pies de altura alrededor de la vertiente Noroeste del volcan Puraz, al pié del cual está construida la ciudad de Popayan. Forma tres pintorescas cascadas (63), una de las cua-

Digitized by Google

les tengo representada, que cae verticalmente de 300 piés de altura, á lo largo de un muro escarpado de traquito. Desde el punto en que recibe este pequeño rio hasta las embocaduras del Pindamon y del Palacé, es decir en una distancia de dos á tres millas, el rio Cauca no alimenta pez alguno, gran inconveniente para los habitantes de Popayan, que practican severamente las abstinencias religiosas. Segun el análisis hecho por Boussingault, con posterioridad á mi viaje, las aguas del Pusambio contienen gran cantidad de hidrógeno sulfurado y de ácido carbónico, con algo de sulfato de sosa. Cerca de la fuente, Boussingault halló 72°,8. La parte superior del Pusambio es subterránea. En el páramo de Ruiz, sobre la pendiente del volcan del mismo nombre, cerca de las fuentes del rio Guali, Degenhardt, de Clausthal en el Harz, cuya muerte prematura deploran los geólogos, descubrió en 1846, á 11,400 piés de altura, una fuente termal, en la cual Boussingault encontró tres veces más ácido sulfúrico que en el rio Vinagre.

La constancia de la temperatura y de la composicion química de las fuentes, que en general no está desmentida, segun las observaciones mas antiguas dignas de confianza, es un hecho mucho más notable aun que los cambios que hayan podido comprobarse en algunos puntos (64). Las fuentes de aguas calientes que, en su larga y complicada corriente, toman de las rocas con que están en contacto tantos elementos diversos, para llevarlos frecuentemente á otras rocas que carecen de ellos, tienen además la eficacia de trasformar y crear. Bajo este punto de vista, son de gran importancia geológica. Senarmont há demostrado con su maravillosa sagacidad, hasta qué punto es verosímil que gran número de fallas que dieron en otro tiempo paso á las aguas termales, se hayan llenado de abajo á arriba por el depósito de los elementos que dichas aguas tenian en disolucion. Los cambios de presion y de tempe-

Digitized by Google

ratura, las influencias electro-químicas interiores y la atraccion específica de las paredes laterales, han producido en las aberturas y cavidades atravesadas por los fluidos, ya divisiones laminares, ya formaciones concrecionadas. Drusas en forma de filones y amigdaloides porosas parecian deber su orígen en parte á aquellas causas. En los sitios en que las diferentes capas están superpuestas en zonas paralelas, dichas zonas se hallan constituidas, ordinariamente, de tal modo, que se corresponden simétricamente, cuando se comparan los techos y los muros de dos *salbandas* (piedra ó pared que se encuentra entre el filon y la roca). Senarmont, que ha llevado á la Química una facultad de invencion maravillosa, logró componer artificialmente un número considerable de minerales, por medio de síntesis análogos á los procedimientos de la Naturaleza (65).

Un observador distinguido, que es muy querido, publicará muy pronto, segun creo, un trabajo nuevo é importante sobre las relaciones termométricas de las fuentes, donde esclarece con gran sagacidad, y de la manera mas general, el fenómeno complejo de las perturbaciones, por el método de induccion fundado en numerosas esperiencias. En las observaciones que tiene hechas, desde 1845 á 1853, sobre la temperatura de las fuentes, en Alemania, cerca de las orillas del Rin, y en Italia, en los alrededores de Roma, sobre el monte Albano y en los Apeninos, Hallmann distingue: 1.° las fuentes puramente meteorológicas, cuya temperatura media no se aumenta por el calor interno de la Tierra; 2.° las fuentes meteorológico-geológicas que, independientes de la distribucion de la lluvia, y mas calientes que el aire, no esperimentan mas variaciones de temperatura que las que provienen de las capas del suelo que atraviesan; 3.° las fuentes frias anormales, que traen su baja temperatura de alturas considerables (66). A medida que, en estos últimos tiempos, se ha podido, por una

Digitized by Google

feliz aplicacion de la Química, penetrar algo mas en el conocimiento geognóstico de la formacion y de la metamórfosis de las rocas, ha debido darse mas importancia á la observacion de las fuentes cargadas de sales y de gas, que circulan en el interior de la Tierra, y que, cuando estienden en la superficie sus aguas termales, han ejercido ya, creando, trasformando y destruyendo, la mayor parte de su actividad.

Digitized by Google

FUENTES DE VAPOR Y DE GAS.—SALSAS.—VOLCANES DE LODO, FUEGOS DE NAFTA.

Desarrollo del Cuadro general de la Naturaleza. (Véase el *Cosmos*, t. I p. 202-204, 415, nota 25.)

En el primer tomo del *Cosmos* he demostrado, con ejemplos de fenómenos poco observados hasta aquí, pero cuyos caractéres esenciales se conocen, sin embargo, cómo las salsas, si se siguen las diferentes fases de su actividad, desde las erupciones acompañadas de llamas hasta el período de calma de la emision de los lodos, son una especie de intermediario entre las fuentes calientes y los volcanes propiamente dichos, que arrojan tierras en fusion bajo la forma de escorias disgregadas ó de rocas nuevas, superpuestas muchas veces sobre sí mismas. Como todo lo que sirve de intermediario y de transicion en la naturaleza orgánica ó inorgánica, las salsas y los volcanes de lodo merecen particular atencion, y mas séria de la que le concedieron los antiguos geognostas, faltos de conocimiento bastante de esos fenómenos.

Algunas veces las salsas y las fuentes de nafta están reunidas en grupos apretados y aislados, como las Malacubi, en Sicilia, cerca de Girgenti, mencionadas ya por Solin, ó como las que se ven cerca de Pietra Mala, en Barigazo, y en el Monte Zibio, situado no lejos de Sassuolo, en

Digitized by Google

el norte de Italia, ó en Turbaco, en la América del Sud. En ocasiones, están colocadas unas á continuacion de las otras en filas estrechas; siendo las mas importantes y curiosas. Conocíanse de antiguo, en las estremidades de la Cadena del Cáucaso: al Noroeste los volcanes de lodo de Taman, al Sud-Este las fuentes de nafta y los fuegos de nafta de Baku y de la península caspiana de Apscheron (67). Abich, tan versado en el conocimiento de la parte caucásica del Asia menor, fué el primero que comprendió la grandeza y union de esos fenómenos. Segun él, los volcanes de lodo y los fuegos de nafta del Caúcaso están dispuestos en líneas determinadas, fáciles de reconocer, y que se hallan en una relacion incontestable con los ejes de levantamiento de los estratos y el sentido de su dislocacion. Los volcanes de lodo, las emanaciones de nafta y los pozos salados, ocupan, en la region Sud-Este de la cadena, el espacio de 240 millas cuadradas, representando un triángulo isósceles, cuya base viene á ser el litoral del mar Caspio, desde Balachani, al norte de Baku, hasta una de las embocaduras del Kur (antiguo Araxes), próxima á las fuentes termales de Sallian. El vértice de ese triángulo está situado cerca de Schagdagh, en el elevado valle de Kinalughi. En el límite de una formacion de dolomita y de esquisto, á 7,834 pies de altura sobre el mar Caspio, cerca del pueblo mismo de Kinalughi, rompen en erupcion los fuegos perpétuos de Schagdagh, que ningun acontecimiento meteorológico apagó jamás. El eje medio de ese triángulo corresponde á la direccion que siguen constantemente los temblores de tierra, tan frecuentes en Schamacha, sobre la orilla del Pyrsagat. Si se entra mas adelante hácia el Noroeste, encuéntranse las fuentes sulforosas termales de Akti, en una línea que se confunde con la cresta principal del Caúcaso, en el sitio donde esta cadena se levanta para dar lugar al Kasbegk y sirve de límite al Daghestan

Digitized by Google

occidental. Las salsas de las tierras bajas, colocadas comunmente de manera regular unas á continuacion de otras, aumentan poco á poco en número, á medida que se está mas cerca del litoral del mar Caspio, entre Sallian, la embocadura del Pyrsagat, próximo á la isla Swinoi, y á la península Apscheron; presentando huellas de erupciones sucesivas de lodo, y mostrando en su vértice pequeños conos semejantes en la forma á los del Jorullo en Méjico, de donde sale un gas inflamable, en general espontáneamente. Considerables erupciones igneas se produjeron en gran número, sobre todo, entre 1844 y 1849, en el Udplidagh, el Nahalath y el Turandagh. Muy cerca de la embocadura del Pyrsagat, en el volcan cenagoso llamado Toprachali, se hallan trozos de marga negra, que á primera vista podria tomarse por basalto compacto ó por dolerita de grano muy fino, que son el indicio de un crecimiento anormal y muy considerable en la intensidad del calor subterráneo. En otros puntos, en la península Apscheron, Lenz halló restos escorificados, que parecian haber sido arrojados por volcanes, y el 7 de Febrero de 1839, cuando la gran erupcion ígnea del Baklichli, los vientos llevaron á gran distancia pequeñas bolas huecas, semejantes á las materias llamadas cenizas, en los volcanes propiamente dichos (68).

En la estremidad Noroeste, hácia el bósforo Cimeriano, están situados los volcanes cenagosos de la península Taman, que forman, cerca de Kertsch, un mismo grupo con los de Aklanisowka y de Ienikalé. Una de las salsas de Taman dió, el 27 de Febrero de 1793, el espectáculo de una erupcion de cieno y de gas, en la cual, despues de muchas detonaciones subterráneas, se elevó á muchos cientos de pies, una columna de fuego semioculta por una negra niebla, formada quizás por un espeso vapor de agua. Un hecho notable, y bastante para dar alguna luz respecto de la naturaleza de los *volcancitos* de Turbaco, es el de que el

Digitized by Google

gas analizado en 1811 por Parrot y por Engelhardt no era inflamable, mientras que el recogido por Gœbel en el mismo sitio, 23 años despues, arrojaba por la estremidad de un tubo de cristal, una llama azulada, como todos los gases que se escapan de las salsas en la parte Sud-Este del Caúcaso, dando, á consecuencia de un análisis exacto, 92,8 por ciento de hidrógeno carbonizado y 5 por ciento de ácido carbónico (69).

Las erupciones de vapor cargadas de ácido bórico, que tienen lugar en la Toscana, Possara, Castel-Nuovo, Monte Cerboli, y forman lo que se llama *lagoni*, *fummarole*, *soffioni*, *volcani*, son fenómenos diferentes de las erupciones de salsas por los efectos que producen, pero ciertamente de orígen análogo. Los vapores tienen por término medio una temperatura de 96 á 100 grados, que, segun Pella, se eleva en ciertos puntos á 175°. Una parte se escapa directamente de las grietas de las rocas, otra de charcas de donde hacen surgir pequeños conos de arcilla líquida; viéndoselas en el aire en forma de torbellinos blanquecinos. Es imposible recoger el ácido bórico que se escapa del seno de la Tierra con el vapor de agua, haciendo pasar por grandes tubos los vapores de los *soffioni*; su volatilidad es tal que se disipa en la atmósfera. Solo puede obtenerse en los hermosos establecimientos del conde de Larderel, cubriendo inmediatamente los orificios de los *soffioni* con arcas de agua que absorben los vapores (70). Segun el escelente análisis de Payen, las emanaciones gaseosas contienen 0,57 de ácido carbónico, 0,35 de ázoe, 0,07 únicamente de oxígeno y 0,001 de ácido sulfúrico. En el sitio por donde pasan los vapores de ácido bórico á través de las hendiduras de la roca, depositan azúfre. Las investigaciones de Murchison han demostrado que la roca es en parte cretácea, en parte una formacion eocena que contiene nunmulitas, un *Macigno*, cuyas capas quebrádas por un levantamiento de serpentina, se ven

Digitized by Google

en los alrededores de Monte Rotondo (71). Es posible que suceda aquí, dice Bischof, como en el cráter de Vulcano, que vapores de agua obren, á gran profundidad por la descomposicion, sobre minerales boratados y sobre rocas ricas en datolita, en arinita y en turmalina (72).

El sistema de la *soffioni* de la Islandia escede, por el número y magnitud de los fenómenos, á todo lo que conocemos en el continente. En medio del campo de emisiones de Krisuvek y de Reykjalidh verdaderas fuentes de lodo se abren paso á través de una arcilla de azul ceniciento, y se lanzan del fondo de pequeños estanques, rodeados de bordes semejantes á los de los cráteres (73). Aquí todavía pueden seguirse las fallas que dan paso á las fuentes en direcciones determinadas (74). Merced á la sagacidad y á los esfuerzos perseverantes de Bunsen, la Islandia es de todos los paises que poseen fuentes termales, salsas y erupciones de gas, aquel en que los análisis químicos son mas seguros y mas completos. En parte alguna existe estension tan grande de país que ofrezca muy cerca de la superficie del suelo, un juego tan complejo de descomposiciones químicas, de trasformaciones y de producciones nuevas.

Si de Islandia pasamos al continente americano que está de ella poco apartado, encontramos en el Estado de New-York, á corta distancia de Fredonia y del lago Erié, en una cuenca de capas de asperon devoniano, infinito número de fuentes de gas inflamable formado de hidrógeno carbonado, que salen de las hendiduras de la Tierra y que se utilizan en parte para la iluminacion. Cerca de Rushville, otras fuentes de gas inflamable afectan la forma de conos cenagosos; otras, por último, en el valle del Ohio, en la Virginia y en el rio Kentucky contienen sal marina, hallándose así en relacion con pequeñas fuentes de nafta. Mas allá del golfo de las Antillas, en la costa Norte de la América meridional, á 2 millas y media al Sud-Sudeste

Digitized by Google

del puerto de Cartagena de Indias, se presenta, cerca del pueblo encantador de Turbaco, un notable grupo de salsas ó volcanes cenagosos, cuya primera descripcion he dado yo. Los *volcancitos*, en número de 18 ó 20, se levantan en una llanura desierta, situada en medio de un antiguo bosque, desde el cual abarca la mirada, en toda su magnificencia, el nevado coloso de Santa Marta. Los mayores de esos conos, formados de tierra arcillosa de gris negro, tienen de 18 á 22 pies de altura, y 80 pies lo menos de diámetro en la base. En el vértice, hay un orificio circular de 5 á 7 pies de circunferencia, rodeado de un pequeño muro de cieno. El gas sale con violencia, como en Taman, bajo la forma de burbujas, de las que cada una, como me he asegurado midiéndolas en vasos graduados, tiene una capacidad de 10 á 12 pulgadas cúbicas. La parte superior del embudo está llena de agua que reposa en una espesa capa de fango. Las eyecciones de los conos próximos no tienen lugar simultáneamente; en todos sin embargo se nota una cierta regularidad. Permaneciendo, Bonpland y yo, en las dos estremidades del grupo, contamos con bastante exactitud cinco erupciones cada dos minutos. Inclinándose hácia la abertura de las hendiduras, se oye, 20 minutos antes de cada erupcion, ordinariamente, una sorda detonacion en el interior de la tierra, á gran profundidad debajo del suelo. El gas que se escapaba del cráter, y que era recogido muy cuidadosamente en dos veces, apagó instantáneamente una vela muy delgada, y tambien un tizon de Bombax Ceiba. El gas no era inflamable; el agua de cal no se turbó y no se verificó absorcion alguna. Tratado por el bióxido de ázoe, el gas de los *volcancitos* no presentó en la primera esperiencia ninguna señal de oxígeno; en un segundo ensayo se encontró algo mas de 0,01 de oxígeno; pero el gas habia permanecido encerrado muchas horas con agua debajo de una campana de cristal, y probablemente

Digitized by Google

el oxígeno desprendido por el agua se mezcló accidentalmente al gas recogido.

Segun los resultados de esos análisis, declaré, en aquella época, que el gas de los *volcancitos* de Turbaco era ázoe, al que podia mezclarse una pequeña cantidad de hidrógeno, en lo cual no me engañaba. Al mismo tiempo espresaba en mi Diario el pesar de que la Química, en el estado que tenia en el mes de Abril de 1801, no suministrase medio alguno de determinar numéricamente en una mezcla de ázoe y de hidrógeno, la relacion de cada parte. El procedimiento que permite reconocer en una mezcla de gas, la presencia de 0,003 de hidrógeno, no se halló hasta cuatro años mas tarde por Gay-Lussac (75). Despues de medio siglo que hace que abandoné á Turbaco, y determiné astronómicamente el rio de la Magdalena, ningun viajero estudió los volcanes que antes he descrito, á no ser á fines de Diciembre de 1850, uno de mis amigos conocedor de todos los descubrimientos recientes en Geognosia y en Química, Joaquin Acosta (76), al cual se deben las observaciones dignas de atencion, de que al presente los conos esparcen un olor bituminoso, que algo de petróleo nada en la superficie del agua encerrada en las pequeñas aberturas, y que el gas que se eleva de todos los montículos cenagosos es inflamable. Nada que á esto asemejara habia yo encontrado, y Acosta pregunta si debe deducirse de aquí que el fenomeno ha sido modificado á consecuencia de un trabajo interior, ó si ha habido error en las primeras esperiencias. Reconoceria de buen grado que me equivoqué si no conservara la hoja del Diario en la que tengo consignados todos los detalles de las esperiencias, en la mañana misma en que las hiciera (77); nada encuentro en él que pueda hacerme dudar. Si por otra parte se piensa en que segun la narracion de Parrot, el gas de los volcanes cenagosos de la península de Taman apagaba en 1811 un tizon ardiendo, y en que no

Digitized by Google

podian inflamarse las burbujas de un pie de espesor, que salian de los orificios, en el momento en que reventaban; si se comparan esas esperiencias con las de Gæbel, que en 1834, vió en el mismo lugar encenderse fácilmente el gas y arrojar una llama clara y azulada, nada se opone á que admitamos que las emanaciones gaseosas pueden en diferentes épocas esperimentar cambios químicos. Muy recientemente, Mitscherlich determinó, á instancias mias, el límite en el cual dejan de ser inflamables mezclas de ázoe y de hidrógeno compuestas artificialmente. Comprobó que la mezcla de una parte de hidrógeno y de tres partes de ázoe, no solo se inflama á la aproximacion de una luz, sino que continúa quemándose. Si se aumenta la cantidad de ázoe, de modo que los dos gases estén en la relacion de 1 á 3 $^1/_2$, la mezcla se inflama todavía, pero cesa de quemarse. Es necesario que el hidrógeno esté con el ázoe como 1 es á 4, para que sea imposible la inflamacion. Las emisiones de gas que, en razon á su facilidad en inflamarse y de su claro color, llámanse ordinariamente corrientes de hidrógeno puro ó carbonatado, no necesitan por lo tanto contener mas que un tercio de cualquiera de los dos gases. En cuanto á las mezclas mas raras de ácido carbónico y de hidrógeno, la capacidad del ácido carbónico para el calor cambia el límite donde dejan de ser inflamables. Acosta ha dicho juiciosamente: «existe una tradicion estendida entre los indígenas de Turbaco, que descienden de los *Indios de Taruaco*, segun la cual todos los *volcancitos* ardieron en otro tiempo, y los *volcanes de Fuego* se trasformaron en *volcanes de Agua* por los exorcismos de un fraile. Esta fábula no pudiera aludir á un estado que pasara y haya reaparecido (78)?» Las grandes erupciones de llamas vomitadas por volcanes de cieno, que han vuelto á ser despues tan pacíficos como antes, suministran ejemplos de revoluciones análogas, como se vió en Taman en 1793; en las orillas

Digitized by Google

del mar Caspio, en Jokmali, en 1827; enBaklichli, en 1839, y por último, en 1846, cerca de Kutschtschy, situado en el Cáucaso igualmente.

El fenómeno tan humilde en apariencia de las salsas de Turbaco ganó nueva importancia geológica con la poderosa erupcion de llamas y trastorno del suelo que se produjeron en 1839, á mas de 8 millas geográficas al nor-nord-este de Cartagena de Indias, entre este puerto y el de Sabanilla, cerca de la embocadura del gran rio de la Magdalena. El punto central del fenómeno era, propiamente hablando, el cabo Galera-Zamba que entra milla y media ó dos millas en el mar, y forma una estrecha península; el conocimiento de este suceso se debe tambien al coronel Acosta, arrebatado desgraciadamente á las ciencias por una muerte prematura. En medio de esta lengua de tierra habia una colina en forma de cono, cuyo cráter daba paso de tiempo en tiempo al humo producido por los vapores, y á gases que se escapaban con bastante violencia para arrojar lejos tablas y grandes pedazos de mamadera. En 1839, hizo desaparecer el cono una erupcion considerable de llamas, y la península de Galera-Zamba llegó á ser una isla separada del continente por un canal de 30 pies de profundidad. Las cosas permanecieron en este estado hasta el mes de Octubre de 1848, en cuyo año, sin que hubiese en los alrededores quebrantamiento sensible, se produjo nuevamente una erupcion ígnea formidable, visible, á 10 ó 12 millas de distancia, en el mismo sitio de la ruptura, que se prolongó durante muchos dias (79). La salsa no arrojó mas que gases sin objeto sólido alguno. Cuando se apagaron las llamas, hallóse que el suelo del mar habíase levantado y formado una pequeña isla de arena que desapareció á poco. Mas de 50 *volcancitos*, es decir, mas de 50 conos semejantes á los de Turbaco, rodean ahora, en un radio de 4 á 5 millas, el volcan submarino de gas de

Digitized by Google

Galera-Zamba. Bajo el punto de vista geológico, debe considerarse este volcan como el principal fundamento de la actividad volcánica que, en todas las tierras bajas comprendidas desde Turbaco hasta mas allá del Delta del Rio Grande de la Magdalena, intenta poner el interior del globo en contacto con la atmósfera.

Los fenómenos, análogos entre sí, que presentan en las diferentes fases de su actividad, las salsas, los volcanes de cieno y las fuentes de gas, en Italia, en el Cáucaso y en la América del Sud, se reproducen en el imperio chino, en inmensa estension del país. Desde los tiempos mas antiguos, la industria del hombre ha sabido utilizar el tesoro que le ofrecian esas comarcas. De allí vinieron los ingeniosos procedimientos de taladro peculiares de los Chinos, y que han sido conocidos muy tarde por los Europeos. Los pozos artesianos están cavados á muchos miles de pies de profundidad, por la mas sencilla aplicacion de la fuerza humana, ó mas bien por el solo peso del hombre. He tratado ya de este invento detalladamente (80), como de las fuentes de fuego (Ho-tsing) y de las montañas ardientes (Ho-schan) del Asia oriental. Desde las provincias Yunnan, Kuang-si y Szu-tchuan, situadas en la estremidad Sud-Oeste del imperio, en el límite del Tibet, hasta la provincia setentrional de Schan-si, se cava el suelo para obtener á la vez agua pura, agua salina y gas inflamable. Ese gas da una luz rojiza, y esparce frecuentemente un olor bituminoso. Traspórtasele á distancias, en tubos de bambú portátiles ó fijos, y se utiliza en hacer sal, en calentar las casas y alumbrar las calles. En algunos casos, poco frecuentes, el hidrógeno carbonatado se agota donde se interrumpe la emision por temblores de tierra. Así, se sabe que un célebre Ho-tsing, situado al Sud-Oeste de Khiung-tscheu, á los 50° 27′ de latitud boreal, 101° 6′ de longitud oriental, cuyo tiro inflamado

Digitized by Google

iba acompañado de ruido, se apagó en el siglo XIII, despues de haber iluminado toda la comarca, desde el siglo II de nuestra era. En la provincia de Schan-si, donde abundan las hulleras, hállanse algunas inflamadas: las montañas ardientes (Ho-schan) se estienden por una gran parte de la China. En muchos sitios, por ejemplo en la roca del Py-kia-schan, al pie de una montaña cubierta de nieves perpétuas, á los 31° 40′ de latitud, se lanzan las llamas de largas aberturas inaccesibles y suben á grandes alturas. Este fenómeno recuerda los fuegos perpétuos del monte Schagdagh, en el Cáucaso.

En Java, en la provincia Samarang, existen á tres millas de la costa setentrional, salsas semejantes á las de Turbaco y de Galera-Zamba. Altas colinas de 25 á 30 pies, cuya posicion cambia con frecuencia, arrojan cieno, agua salina y una mezcla poco comun de hidrógeno y de ácido carbónico (81), emision que es preciso no confundir con los grandes torrentes de cieno que devastan la region en las raras erupciones de los verdaderos volcanes de Java, las gigantescas montañas de Gunong-Kelut y de Gunong-Idjen. En Java, algunas grutas, en que fuentes de ácido carbónico ocasionan la asfixia, gozan tambien de celebridad que deben, en gran parte ciertamente, á las exageradas narraciones de los viajeros y á presentarlas unidas á las fabulosas historias del Upas, confusion contra la cual han protestado ya Sykes y Loudon. La mas notable de las seis grutas cuya descripcion científica ha dado Junghuhn, es la que se denomina por lo comun el valle de los Muertos de la Isla (Pakaraman) en los montes Diëng, cerca de Batur; viene á ser una escavacion en forma de embudo, sobre la pendiente de una montaña, una hondonada, en la cual la capa de ácido carbónico que se escapa del suelo alcanza, segun la estacion, muy distinto nivel. Encuéntranse en ella con frecuencia esqueletos de jabalíes, de tigres y de pájaros (82).

Digitized by Google

Las emanaciones inofensivas del árbol venenoso, el *pohonûpas* ó mejor *pûhn-ûpas* de los Malayos, el Antaris toxicaria del viajero Leschenault de La Tour, son completamente estraños á esos efectos de asfixia (83).

Doy fin al capítulo consagrado á las salsas y á las fuentes de vapores ó gas, con la narracion de una erupcion de vapores calientes de azufre, que en razon á la naturaleza particular de la roca de donde se desprenden, merecen llamar la atencion de los geognostas. Cuando esploré la cordillera central de Quindiu, empleé 14 ó 15 dias en salvar la cresta de la montaña, de 10,788 pies de elevacion, y trasladarme del valle del Rio-Magdalena al valle del Cauca. En esta penosa ascension, aunque fecunda en goces, durante la cual me fué preciso marchar constantemente á pie, y pasar todas las noches al aire libre, visité, á la altura de 6,390 pies, el Azufral situado al Este de la estacion *el Moral*. En el estrecho valle del Azufral (quebrada del Azufral) ví salir vapores calientes de las aberturas de un esquisto micáceo algo oscuro, que descansa en una capa de gneis granatífero, y rodea, juntamente con esta roca, la alta cúpula granítica de la *Ceja* y de *la Garita del Páramo*. Como esos vapores están mezclados de hidrógeno sulfurado y de gran cantidad de ácido carbónico, esperiméntanse violentos vértigos, al inclinarse para medir la temperatura, y si se permanece demasiado tiempo en las cercanías. La temperatura del vapor de azufre era de 47°,6; la del aire, de 20°,6; la del pequeño arroyo sulfuroso, enfriado quizás en la corriente superior por la nieve fundida que corre á lo largo del volcan de Tolima, de 29°,2. El esquisto micáceo que contiene algo de pirita, está atravesado por muchos restos de azufre. Esta sustancia, cuando se prepara para el comercio, está sacada en gran parte de una tierra arcillosa de amarillo ocre, mezclada con azufre natural y esquisto micáceo en descomposicion. Los mestizos que se emplean en este trabajo esperimen-

Digitized by Google

tan males de ojos y parálisis musculares. Cuando Boussingault visitó en 1831, es decir, 30 años despues que yo, el *Azufral de Quindiu*, la temperatura de los vapores cuyo análisis químico dió, era inferior á la del aire libre, de 22° entonces, y no llegaba mas que á 19 ó 20 grados (84). El mismo observador vió, en la *Quebrada de Aguas Calientes*, la roca traquítica del volcan de Tolima hiriendo al esquisto micáceo, segun habia yo observado con toda claridad, cerca del puente de cuerda de Penipe, al traquito negro del volcan de Tunguragua, cubrir igualmente á consecuencia de erupcion, un micasquisto verdoso granatífero. Como hasta el dia no se ha encontrado azufre en Europa en lo que se llamó en un tiempo terrenos primitivos, sino solamente en el calcáreo terciario, el yeso, los conglomerados y las rocas puramente volcánicas, el fenómeno que presenta el *Azufral de Quindiu*, á los 4° 30′ de latitud boreal, es tanto mas notable cuanto que se reproduce al Sud del Ecuador, entre Quito y Cuenca, sobre la vertiente setentrional del *Paramo del Assuay*. En el Azufral del Cerro Cuello, á los 2° 13′ de latitud meridional, encontré á 7,488 pies de altura, siempre en el esquisto micáceo, un gran depósito de cuarzo, donde el azufre, inyectado en cantidad considerable, parece formar nidos de pájaros (85). En la época de mi viaje, los fragmentos de azufre solo tenian de 6 á 8 pulgadas de espesor; mas adelante hánse encontrado de un diámetro de 3 y 4 pies. Vése tambien en el golfo de Cariaco, cerca de Cumana, brotar una fuente de nafta del fondo del mar, en medio del esquisto micáceo. La nafta colora de amarillo la superficie del mar en una longitud de mas de 1,000 pies, y tengo la seguridad de que el olor se estiende hasta el interior de la península Araya (86).

Si dirigimos una última ojeada al modo de actividad volcánica que se manifiesta por la emanacion de vapores y

Digitized by Google

de gas, con ó sin fenómenos luminosos, encontramos, ya una gran analogía, ya una diferencia sorprendente entre las materias que se escapan del suelo, segun que la alta temperatura interior, modificando el juego de las afinidades, obre sobre sustancias similares ó muy complejas. Las materias que este pequeño grado de actividad volcánica puede arrojar á la superficie de la Tierra son: el vapor de agua en gran cantidad, el cloruro de sodio, el azufre, el hidrógeno carbonatado ó sulfurado, el ácido carbónico y el azoe, la nafta incolora, amarillenta, ó bajo la forma de petróleo oscuro, el ácido bórico y la arcilla de los volcanes cenagosos. Las diferencias profundas que caracterizan esas materias, algunas de las cuales sin embargo, como la sal marina, el gas hidrógeno sulfurado y el petróleo, están casi siempre reunidas, prueban cuan impropia es la denominacion de *salsas*, importada de los Estados de Módena, donde Spallanzani tuvo la gloria de ser el primero en llamar la atencion de los geognostas acerca de un fenómeno por largo tiempo despreciado. El nombre de fuentes de vapores y de gas espresa mejor el caracter comun de esas emanaciones. Si gran número de salsas en emision, se refieren indudablemente á los volcanes apagados, y como fuentes de ácido carbónico, representan una última fase de esos volcanes, otras, como las fuentes de nafta, parecen completamente estrañas á las verdaderas montañas ignívomas, que arrojan tierras en fusion. Las salsas, en este caso, segun hizo ver Abich para el Cáucaso, se escapan de las grietas del suelo, siguiendo direcciones trazadas por la Naturaleza, y esas largas fallas surcan las bajas llanuras y tambien la cuenca profundamente deprimida del mar Caspio, lo mismo que las montañas de 8000 pies de altura. Como los volcanes propiamente dichos, las salsas manifiestan de tiempo en tiempo el súbito despertar de su actividad, lanzando á los aires columnas de fuego que llevan muy

Digitized by Google

allá el espanto. En ambos continentes, en regiones separadas por intervalos inmensos, pasan por los mismos estados sucesivos; pero nada autoriza hasta aquí á creer que sean mensageras encargadas de anunciar el nacimiento de verdaderos volcanes, que arrojen lavas y escorias. Su actividad es de otra naturaleza; quizás germina á profundidad menor, y es resultado de otras combinaciones químicas.

Digitized by Google

VOLCANES CONSIDERADOS SEGUN SU FORMA Y LOS DIFERENTES GRADOS DE SU ACTIVIDAD.—EFECTOS DE LOS VOLCANES Á TRAVES DE LAS GRIETAS Y LOS CRÁTERES DE ESPLOSION. —RECINTOS DE LOS CRÁTERES DE LEVANTAMIENTO.—VOLCANES EN FORMA DE CONOS Y DE CAMPANAS, CON Ó SIN ABERTURA EN EL VÉRTICE.—DIFERENTES ESPECIES DE ROCAS Á TRAVÉS DE LAS CUALES OBRAN LOS VOLCANES.

Desarrollo del Cuadro general de la Naturaleza. (Véase el *Cosmos* t. I. p. 204-225.)

Entre los diversoss modos con que se manifiesta la reaccion del interior de nuestro planeta contra las capas superiores, el mas poderoso es el que pertenece á los volcanes propiamente dichos, á las aberturas que dan paso, no solo á diferentes especies de gases, sino á masas inflamadas, específicamente diferentes, lanzadas desde una profundidad inmensa á la superficie de la Tierra bajo la forma de corrientes de lava, escorias y materias pulverizadas, á las cuales se ha convenido en llamar cenizas. La confusion, de antiguo consagrada por él uso, de los nombres de volcan y de montaña ignívoma, supone que, segun un prejuicio muy esparcido, representase siempre á los volcanes bajo la imágen de montaña cónica aislada, con una abertura circular ú ovalada en el vértice; pero estas ideas, pierden mucho de su generalidad, cuando el observador ha tenido ocasion de atravesar regiones volcánicas, que se estienden por espacios de muchos miles de millas cuadra-

Digitized by Google

das, como por ejemplo toda la parte media de la meseta mejicana, entre el pico de Orizaba, el Jorullo y las costas del mar del Sud, ó la América central, ó bien las córdilleras de la Nueva Granada y de Quito, entre el volcan de Puraz, cerca de Popayan, el de Pasto y el Chimborazo, ó, finalmente, el istmo montañoso del Cáucaso, entre el Kasbegk, el Elbruz y el Ararat. En la Italia inferior, entre los campos Flegraneos de la Campania, la Sicilia, las islas Lipari y las islas Ponza, como en las islas de la Grecia, una parte del suelo que debia unir las islas al continente no ha sido levantada, y otra parte ha sido absorbida por el mar.

En esas grandes regiones volcánicas de la América y del Cáucaso, hallánse masas eruptivas, formadas de verdadero traquito que es preciso no confundir con los conglomerados traquíticos, corrientes de obsidiana y fragmentos de piedra pomez, no galetas de pomez arrastradas y depositadas por las aguas. Esas rocas parecen independientes de las montañas, de las cuales están separadas por una distancia considerable. ¿Por qué cuando el enfriamiento progresivo producido por la irradiacion de las capas superiores del globo, no se abriria la superficie terrestre en diferentes sentidos, antes del levantamiento de las montañas aisladas ó de las cadenas de montañas? Porque desde esas grietas, la fuerza volcánica no habria lanzado materias incandescentes que hubieran formado al solidificarse rocas eruptivas, como el traquito, la dolerita, el melafiro, la perlita, la obsidiana y la pomez. Una parte de esas capas de traquito ó de dolerita, dispuestas primitivamente en pisos horizontales, y que parecen haber salido de las fuentes de la Tierra en el estado de reblandecimiento, se han hundido y han tomado una situacion inclinada, cuando el levantamiento de las montañas en forma de cono ó de campana (87). Asi, y como primer ejemplo en Europa, en la escavacion del Etna, muy conocida por el nombre de *Val del Bove*, que forma

Digitized by Google

una escotadura profunda en el interior de la montaña, la inclinacion de las corrientes de lava, alternando muy regularmente con grupos de guijarros, es de 25 á 30 grados mientras que la lava que cubre la superficie del Etna, y que no puede subir mas allá del levantamiento de la montaña, no presenta, segun las determinaciones exactísimas de Beaumont, mas que una pendiente de 30 á 50 grados, tomando como término medio el número de 30 corrientes sucesivas. Esas relaciones prueban claramente la existencia de formaciones volcánicas muy remotas, arrojadas desde el interior del suelo á través de las fallas que le surcan antes del nacimiento del volcan, como montaña ignívoma. La antigüedad nos presenta un fenómeno análogo, tanto mas notablecuanto que se produce en medio de una estensa llanura, en una region apartada de toda especie de volcanes activos ó apagados, en la isla de Eubea, la antigua Negreponto: «Los violentos temblores de tierra, dice Strabon, que han quebrantado parte de la isla, no cesaron hasta el momento en que la Tierra, entreabriéndose en la llanura de Lélanto, dió paso á un torrente de fango inflamado.» Por fango inflamado debe entenderse, lava (88).

Si, como desde hace mucho tiempo estoy dispuesto á creer, es preciso atribuir á un primer rompimiento del suelo, quebrantado en sus profundidades, las formaciones mas antiguas de rocas eruptivas, que se presentan algunas veces tambien como filones, y cuya composicion mineralógica está conforme en un todo con la de las lavas mas recientes, esas aberturas no deben considerarse, como tampoco los cráteres de levantamiento que han llegado despues, y que tienen ya una estructura menos sencilla, sino como aberturas eruptivas, y no como volcanes propiamente dichos. El caracter esencial de los volcanes consiste en una comunicacion permanente entre la atmósfera y el foco interior del globo. Los volcanes tienen por consiguien-

Digitized by Google

te una estructura particular, porque como dice muy bien Séneca en una carta á Lucilio (89): «ignis in ipso monte non alimentum habet sed viam». Así, la actividad volcánica obra dando al suelo, por el levantamiento, una nueva configuracion; no obra, como se ha creido mucho tiempo de una manera esclusiva, comoforma constructora, acumulando las escorias y las capas de lava. La resistencia que las masas incandescentes, al apretarse en demasiada cantidad contra la superficie de la Tierra, encuentran en el canal de erupcion, aumenta la fuerza del levantamiento. Entonces se hincha el suelo como una vejiga, segun lo indica la inclinacion regular de las capas levantadas de dentro afuera. Una esplosion semejante á la de una mina, haciendo saltar la parte media y culminante de esa hinchazon, no produce á veces mas que lo que Buch ha llamado *crater de levantamiento* (90), es decir, una cavidad redonda ú oval, rodeada de un cerco de levantamiento, especie de muralla circular desmantelada á trechos; pero á veces tambien la esplosion hace salir del centro del cráter una montaña en forma de cono ó de cúpula y solo entonces es cuando el relieve del cono está completo. Generalmente la cima de la montaña está abierta, y en el fondo de esta abertura, que forma el crater del volcan, se levantan eminencias no permanentes de escorias y de materias volcánicas, conos de erupcion pequeños y grandes, de los cuales muchos esceden bastante de los bordes del cráter de levantamiento, especialmente en el Vesubio. Pero los testigos de la primera erupcion, los antiguos andamios, no se conservan siempre en el estado en que los he descrito. En gran número de los volcanes mas poderosos y mas activos, es imposible reconocer la alta muralla de roca que rodea el crater de levantamiento, en los pocos restos que subsisten.

Progreso reciente y considerable de los tiempos moder-

Digitized by Google

nos, es no solo haber llegado, comparando volcanes separados por grandes intervalos, á observar de una manera exacta los detalles de sus configuraciones relativas, sino tambien haber introducido en el lenguaje espresiones mas propias para distinguir las particularidades de su relieve y las diferencias que pueden existir en las manifestaciones de su actividad. Los que no son enemigos decididos de las clasificaciones, so pretesto de que para llegar mas pronto á ideas de conjunto, no hay siempre necesidad de fundar las clasificaciones en inducciones muy completas, pueden representarse de diferentes maneras la erupcion de masas incandescentes y de materias sólidas, con desprendimiento de vapores y de gas. Para ir de los fenómenos simples á los fenómenos compuestos, colocaré en primera línea las erupciones que se producen á través de las fallas de la Tierra, y no forman hileras de conos determinados, pero que arrojan masas volcánicas líquidas ó simplemente reblandecidas, que se superponen por capas. De aquí pasaré á las erupciones á través de los conos de conglomerados que, sin estar cercados, vomitan sin embargo lavas, como se ha visto durante cinco años, cuando fue desvastada la isla de Lanzarote, en la primera mitad del siglo XVIII. En tercer lugar, estudiaremos los cráteres de levantamiento formados de capas levantadas, sin cono central, que no dan paso á las corrientes de lava sino á través de las paredes de las murallas que los rodean, y no á través del conducto interior, obstruido en seguida por algun hundimiento; llegando, por último, á las montañas en forma de campana sin abertura, ó á los conos de levantamiento abiertos en el vértice, ya que esas montañas ó esos conos estén rodeados de un cerco subsistente en parte al menos, como se vé en el pico de Tenerife, en la isla de Fuego (Fogo) y en Rocca Monfina, ó que carezcan en absoluto de muralla y de cráter de levantamiento, como en Islandia, en las Cordilleras de Quito y en la region central de

Digitized by Google

Méjico (91). Los conos de levantamiento abiertos de esta cuarta clase sostienen entre la atmósfera y el foco central de la Tierra una comunicacion, mas ó menos activa en épocas indeterminadas, pero permanente. Segun mis propias observaciones creo, que las montañas de traquito y de dolerita en forma de cúpulas y de campanas, cuyo vértice está cerrado, son mas numerosas que los conos, activos ó inactivos, que tienen un orificio en el vértice, y mucho mas numerosas sobre todo que los volcanes propiamente dichos. Las montañas que presentan la forma redondeada de una cúpula ó de una campana, como el Chimborazo, el Puy-de-Dome, el Sarcouy, el Rocca Monfina y el Vultur, contrastan felizmente con las puntas agudas del esquisto ó las formas recortadas del calcáreo, y comunican al paisaje un carácter que solo ellas pueden darle.

En la narracion pintoresca que Ovidio nos ha dejado de la tradicion relativa al gran acontecimiento volcánico de que fue teatro la península de Metona, la formacion de una de esas eminencias á modo de campana, sin abertura en el vértice, está descrita con metódica claridad: «La violencia de los vientos encerrados en cavernas oscuras, que buscan en vano salida, tiende é hincha la superficie de la Tierra, como se acostumbra á hinchar, llenándola de aire, una vejiga ó una piel de cabrito: (extentam tumefecit humun). Con el tiempo, el suelo levantado se endurece y conserva la figura de una colina.» He hecho ya ver en otra parte (92), en qué se conformala descripcion del poeta romano con la narracion que ha dejado Aristóteles de lo que aconteció en una de las islas de formacion nueva que componen el grupo de Lipari, en Hiera, y en lo que aquella descripcion difiere de esta narracion. «El poderoso viento, desencadenado en las regiones subterráneas, levanta tambien una colina, pero despues la rompe, para lanzar una lluvia de cenizas inflamadas.» Vése claramente aquí que el levanta-

Digitized by Google

miento precede á la erupcion. En Metona, segun Strabon, la colina, levantada en forma de cúpula, se abrió para dar paso á una erupcion ígnea, despues de la cual se estendió por la noche un olor agradable. Es muy de notar que este olor se reprodujo en circunstancias muy análogas, en la erupcion de Santorin, en el otoño de 1650, y que poco tiempo despues, en un sermon sobre la penitencia, cuya copiae xiste, un monje, lo llamaba signo consolador, que probaba que Dios no queria la muerte de su rebaño (93). Este buen olor, ¿no indicaria la presencia de la nafta? Kotzebue cita tambien esta particularidad en la Relacion de su viaje á Rusia, con motivo de la isla volcánica de Umnack, recientemente salida del mar, en el archipiélago de las islas Aleouticas, y que arrojó llamas en 1804. Cuando la gran erupcion del Vesubio, el 12 de Agosto de 1805, Gay-Lussac, que la observaba conmigo, comprobó que el cráter inflamado exhalaba de tiempo en tiempo fuerte olor bituminoso. Uno esos hechos, á los cuales no se ha concedido atencion hasta aquí, porque pueden servir para poner en claro el encadenamiento que liga todas las manifestaciones de la actividad volcánica, desde las salsas y las fuentes de nafta hasta los volcanes propiamente dichos.

Cercos análogos á los que rodean los cráteres de levantamiento, existen tambien en rocas que difieren mucho de el traquito, del basalto y del esquisto porfírico. Beaumont los ha hallado en el granito de los Alpes franceses. El macizo de Oisans, al cual pertenece la mas alta cima de montaña que hay en Francia, el monte Pelvoux, próximo al Briançon, y de 12,105 pies de altura (94), forma un círco, cuya circunferencia no es menor de ocho millas geográficas, y en medio del cual está colocado el pequeño pueblo de la Berarde. Los muros del circo se elevan á pico á mas de 9,000 pies de altura. La muralla es de gneis; todo el interior de granito (95). En los Alpes de la Suiza y de la

Digitized by Google

Saboya, se vuelve á encontrar la misma conformacion, en proporciones menores. La gran meseta del Mont-Blanc, sobre la cual acamparon durante muchos dias Bravais y Martins, es un círco cerrado, cuyo suelo casi liso está situado á 12,020 pies de altura, y en medio del cual se levanta la pirámide colosal que forma el vértice de la montaña (96). Las mismas fuerzas intestinas producen formas semejantes, aunque modificadas por la composicion de las rocas. Asi, los valles circulares ó en forma de cubas, producidos por levantamientos (valleys of elevation), que se encuentran en los terrenos sedimentarios de la Alemania setentrional, en el condado de Hereford, en la parte de las montañas del Jura donde está situada Porentruy, descritas por Hoffman, Buckland y Murchison, pertenecen á la misma clase de los fenómenos precedentes. Puede decirse otro tanto, aunque la analogía sea menos sorprendente, de las mesetas de las Cordilleras, cerradas por todas partes por macizos de montaña, sobre los cuales, están construidas las ciudades de Caxamarca (8,784 pies de altura), Bogotá (8,190 pies de altura), Méjico (7,008 pies de altura), como el valle de Cachemira está encajado en el Himalaya, á 5,460 pies de altura.

Los cráteres de esplosion estendidos en gran número en los volcanes apagados del Eifel tienen menos semejanza con los cráteres de levantamiento que con el modo mas elemental de la actividad volcánica, es decir, las eyecciones que se producen á través de simples aberturas. Llámanse cráteres de esplosion las depresiones en forma de cubas practicadas en un terreno no volcánico, el esquisto devoniano, y rodeadas de muros poco elevados formados por sí mismos: embudos análogos á los pozos de minas, que han sido testigos de esplosiones muy parecidas á las de las minas, y recuerdan la de huesos humanos que tuvo lugar en la colina de Culca, el 4 de Febrero de 1797, cuando el tem-

Digitized by Google

blor de tierra de Riobamba, cuya descripcion he dado (97). Cuando cráteres de esplosion aislados, situados á medianas alturas están llenos de agua, como se ven en el Eifel, en Auvernia y en la isla de Java, pueden tambien llamarse cráteres-lagos; pero no se podria tomar de una manera general esta denominacion como sinónima de la de cráteres de esplosion, en atencion á que Abich y yo hemos encontrado pequeños lagos en el vértice de los volcanes mas altos, sobre verdaderos conos de levantamiento, y en cráteres apagados, por ejemplo en el volcan mejicano de Toluca, á 11,490 pies de altura, y en el Cáucaso, en el Elbruz, á 18,500 pies. Es preciso distinguir cuidadosamente, en los volcanes del Eifel, dos productos de la actividad volcánica de edades muy diferentes: los volcanes propiamente dichos, que vomitan corrientes de lava, y los cráteres de esplosion, cuyos fenómenos eruptivos tienen un carácter menos grandioso. A la primera clase pertenecen: la corriente de lava basáltica, rica en olivina, y dividida en columnas verticales, que reviste el valle de Uesbach cerca de Bertrichs (98); el volcan de Gerolstein, que sale de un calcáreo que contiene dolomia y se halla ligado en grauwacas esquistosas de orígen devoniano, y el Mosenberg de espalda alargada, á 1,645 pies de elevacion sobre el nivel del mar, cerca de Bettenfeld, al Oeste de Manderscheid. El Mosenberg tiene tres cráteres: los dos mas próximos al Norte, ofrecen una forma perfectamente circular, y el suelo que constituye su fondo está cubierto de hornagueras, mientras que del tercero, situado hácia el Sud, se escapa abundante corriente de lava, de un rojo oscuro, que se divide en columnas, hundiéndose en el valle de la pequeña Kyll (99). El Mosenberg, el Gerolstein y los demás volcanes propiamente dichos del Eifel, presentan un fenómeno notable, contrario al que se observa en general en los volcanes que vomitan lavas, á saber: que las lavas, á su salida del

Digitized by Google

cráter, no parecen rodeadas de las rocas traquíticas, sino que brotan inmediatamente de las capas devonianas, tan lejos como puede llevarse la observacion. La superficie del Mosenberg no revela lo que oculta en sus profundidades. Las escorias augíticas, que pasan en masa á las corrientes de basalto, contienen pequeños fragmentos calcinados de esquisto, pero no manifiestan señal alguna de traquito. El traquito no se encuentra tampoco en el cráter de Rodderberg, tan próximo sin embargo de la mayor masa traquítica de las orillas del Rin, los Siebengebirge.

Segun la ingeniosa observacion del Director general de Minas, Dechen, «la formacion de los cráteres de esplosion parece pertenecer á la misma época, ó poco menos, que las erupciones de lava de los volcanes propiamente dichos. Los cráteres de esplosion y las corrientes de lava se encuentran en las cercanías de los valles profundamente cortados. En la época indudablemente originaria de la actividad de los volcanes que dan lava, los valles tenian ya una forma muy parecida á la actual; vése tambien que, en esta region, las corrientes mas antiguas de lava se han precipitado en los valles.» Los cráteres de esplosion están rodeados de fragmentos de esquisto devoniano, montones de arena gris y un cerco de toba. El Laacher See, que puede considerarse como un gran cráter de esplosion, ó, segun la opinion de mi antiguo amigo Oeynhausen, como parte de un gran valle abierto en el esquisto arcilloso, como el estanque de Wehr, muestra en sus estremos algunas erupciones de escorias. Lo mismo sucede en el Krufter Ofen, en el Weitskopf y en el Laacher Kopf. Pero lo que distingue á los cráteres de esplosion de los cráteres de levantamiento, no es solo la carencia absoluta de las escorias de lava, que se observa en las islas Canarias, en el borde esterior de los cráteres de levantamiento, ó cuando menos á muy pequeña distancia, ni tampoco la altura insignificante de la corona que rodea los

Digitized by Google

cráteres de esplosion; la diferencia esencial está en que falta en los bordes de los cráteres de esplosion lo que es consecuencia del levantamiento, capas regularmente estratificadas é inclinadas. Los cráteres de esplosion que se hunden en el esquisto devoniano ofrecen como he notado antes, la apariencia, de los embudos de minas, en los cuales cae la mayor parte de las masas disgregadas de rapilis, despues de una esplosion violenta de gas y vapores cenagosos. Me limitaré á citar aquí como ejemplo, los cráteres de esplosion del Immerath, de Pulver y de Meerfeld. En medio del primero, cuyo suelo, que no tiene menos de 200 pies de profundidad, está seco y cultivado, se hallan situados los dos pueblos del Ober Immerath, y Unter Immerath. En la toba volcánica de los alrededores, se encuentran, como en el borde del Laacher See, mezclas de feldéspato y augita, de forma esférica, en las cuales están diseminados pequeños fragmentos de cristal negro y verde. La toba que rodea el cráter de esplosion de Pulver, cerca de Gillenfeld, trasformado actualmente en un lago profundo, contiene tambien pedazos esféricos de mica, de horblenda y de augita llenos de vitrificaciones. El cráter de esplosion de Meerfeld, cuyos bordes afectan una circunferencia regular, y que está lleno en parte de agua, en parte de turba, se distingue, bajo el punto de vista geognóstico, por su proximidad á los tres cráteres del gran Mosenberg, de los cuales, el mas meridional ha producido corriente de lava. El cráter de esplosion está sin embargo á 600 pies debajo de la falda prolongada del volcan y cerca de su estremidad oriental, no sobre el eje de los cráteres, y se inclina mas hácia el Noroeste. La altura media sobre el nivel del mar de los cráteres de esplosion del Eifel, varia entre 865 pies, que parece ser la altura del Laacher See, y 1,470, que es la del cráter de esplosion de Mosbruch.

Lugar es este de indicar hasta qué punto la actividad

Digitized by Google

volcánica se encuentra semejante á sí misma, como potencia productora, por diferentes que sean por otra parte los andamios esteriores á través de los cuales se manifiesta, y ya se la considere por lo tanto en los cráteres de esplosion, en los cráteres de levantamiento rodeados de un cerco natural, ó en las montañas cónicas de vértice abierto. Puedo pues señalar la singular abundancia de minerales cristalizados que han arrojado los cráteres desde su primera esplosion, una parte de los cuales está hoy hundida en las tobas. Los alrededores del Laacher See son los mas ricos en minerales de este género; pero otros cráteres de esplosion, como el de Immerath, ó el de Meerfeld, rico en granos redondos de olivina, contienen tambien masas cristalinas muy bellas. Citaremos: el circon, la hauyna, la leucita, (100), la apatita, la nosiana, la olivina, la angita, la riakolita, el feldespato comun ú ortoclase, el feldspato vitreo ó sanidina, la mica, la sodalita, el granate, y el hierro titánico. Si estas sustancias son muy inferiores en número á los hermosos minerales cristalizados del Vesuvio, de los cuales enumera Scacchi 43, preciso es no olvidar que una pequeña parte de ellos han sido en realidad arrojados por el Vesuvio, y que los mas pertenecen á lo que se llaman eyecciones del Vesuvio, completamente estrañas á esta montaña, segun la opinion de Buch (1), y que deben siempre referirse, segun la misma autoridad, «á una capa superficial de toba, que se estiende mas allá de Cápua, y que, levantada por el cono del Vesuvio, á medida que él mismo se levantaba, es producto probablemente de una accion volcánica submarina, profundamente oculta en el interior de la Tierra.»

Tampoco pueden dejar de conocerse en el Eifel ciertas direcciones determinadas, que siguen las diversas manifestaciones de la actividad volcánica. Los volcanes de corrientes de lava de las altas regiones del Eifel están todos dispuestos sobre una falla de 7 millas de longitud próxima-

Digitized by Google

mente, que se estiende en la direccion del Sud-Este al Nor-Oeste, desde Bertrich hasta Goldberg, cerca de Ormond. Por el contrario, los cráteres de esplosion, desde el de Meerfeld hasta Mosbruch y el Laacher See, siguen la direccion del Sud-Oeste al Nor-este. Esas dos líneas se cortan en los tres caractéres de Daun. En ninguna parte se ve traquito en la superficie del suelo cerca de Laacher See; los únicos indicios que hacen sospechar la presencia de esta roca en el interior son la naturaleza particular de la pomez del Laacher See, que es enteramente feldespática, y las bombas de augita y de feldespato arrojadas por el cráter. Todo el traquito visible que hay en el Eifel, compuesto de feldespato y de grandes cristales de horblenda, está esclusivamente dividido entre las montañas balsáticas. Así se encuentra en el Sellberg, de 1,776 pies de elevacion, cerca de Quiddelbach; en la altura de Struth, cerca de Kelberg, y en la cadena fortificada de Reimerath cerca de Boos.

A escepcion de las islas Lipari y las islas Ponza, son muy pocos los paises de Europa que hayan producido una cantidad mayor de pomez que esta region de Alemania que, en un levantamiento relativamente poco considerable, ofrece formas tan diferentes de la actividad volcánica: cráteres de esplosion, montañas basálticas, volcanes de corrientes de lava. La masa mayor de pomez está entre Nieder-Mendig y Sorge, entre Andernach y Rubenach. La mayor masa de trass, conglomerado de formacion muy reciente depositado por las aguas, se encuentra en el valle del Brohl, desde el sitio en que este rio se precipita en el Rin hasta Burgbrohl, cerca de Plaidt y de Kruft. El trass del valle del Brohl contiene, además de los fragmentos de grauwacas esquitosas y de madera, pedazos de piedra pomez que en nada difieren de la que se estiende por la superficie de la region, y que cubre al mismo trass. A pesar de ciertas analogías que parecen suministrar las Cor-

Digitized by Google

dilleras, he dudado siempre de que el trass del Eifel pudiera atribuirse á las eyecciones cenagosas de los volcanes de corrientes de lava. Supongo mas bien, con Dechen, que la pomez ha sido arrojada seca, y que el trass se ha formado á la manera de los demás conglomerados. La pomez es estraña á los Siebengebirge, y, segun conjeturas fundadas en la disposicion de los lugares, es posible que la pomez del Eifel, cuya masa principal se halla tambien encima del loess, y en algunos sitios alterna con este depósito, provenga de una erupcion que debió tener lugar en el valle del Rin, en el gran estanque de Neuwied, sobre la ciudad de ese nombre, quizás cerca de Ourmits, en la orilla izquierda del rio. Esta sustancia, con efecto, es tan deleznable, que la accion de las aguas del Rin, obrando despues, ha podido borrar sin dejar señal el sitio de la erupcion. En todo el espacio ocupado en el Eifel por los cráteres de esplosion, como en la region volcánica del Eifel que se estiende de Bertrich á Ormond, no hay pomez; la del Laacher See no pasa de las montañas que le rodean, y en los demás cráteres de esplosion, los pequeños fragmentos de feldespato empastados en la arena volcánica y la toba no pasan de la piedra pomez.

He hablado ya de la edad de los cráteres de esplosion y de la de los volcanes que vomitan lavas, relativamente á la formacion de los valles. El traquito de los Siebengebirge parece muy anterior á dicha formacion, y aun ha precedido á la hulla del Rin. Su aparicion ha sido estraña á la rotura del valle regado por este rio, aun suponiendo que proceda de una falla. El nacimiento de los valles es ciertamente mas reciente que la hulla y la mayor parte del basalto del Rin, y es por el contrario mas antiguo que la gran erupcion de pomez y el trass. Las formaciones de basalto se prolongan sin duda alguna hasta una época mas moderna que la formacion del traquito, y, por consi-

Digitized by Google

guiente, la masa principal del basalto debe considerarse como mas nueva que el traquito. En las pendientes actuales del valle del Rin, en la cantera de Unkel, en Rolandseck, en Godesberg, gran número de grupos basálticos encerrados probablemente hasta entonces en macizos de grauwacas devonianas quedaron al descubierto por la abertura del valle.

Los infusorios, estendidos en tan gran número por los continentes, en el fondo de los mares, en las altas capas de la atmósfera, y cuya inmensa espansion, demostrada por Ehrenberg, es uno de los mas brillantes descubrimientos de nuestro siglo, tienen, en el Eifel, su asiento principal en medio de las capas de traquito y de los conglomerados de piedra pomez. Esos organismos siliceos ocupan el valle del Brohl y las masas eruptivas de Hochsimmern; algunas veces están mezclados en el trass con ramas de coníferas no carbonizadas. Toda esta vida microscópica es, segun Ehrenberg, una formacion de agua dulce, y solo por escepcion se presentan los politalamos de mar en la capa superior del loess deleznable y amarillento que cubre el pie y las vertientes de los Siebengebirge, y que recuerda la naturaleza de una costa en cuyas cercanías existieron antiguamente aguas salobres (2).

El fenómeno de los cráteres de esplosion ¿se limita á la Alemania occidental? El conde de Montlosier que esploró el Eifel en 1819, y que considera al Mosenberg como uno de los mas hermosos volcanes que conoce, coloca, como Rozet, el abismo de Tazenat, el lago Pavin y el lago de la Godivel, en la Auvernia, entre los cráteres de esplosion. Esos lagos están cortados en rocas de muy distinta naturaleza: en el granito, el basalto y la domita, roca de los terrenos traquíticos. Sus bordes están rodeados de escorias (3).

Las andamiadas, que los volcanes construyen como

Digitized by Google

elevada manifestacion de su poder, levantando el suelo y vomitando lavas, revisten cuando menos seis formas diferentes, y se reproducen con esta variedad bajo las zonas mas distantes de la Tierra. El que ha nacido en regiones volcánicas, entre montañas de basalto y de traquito, se encuentra como en su patria allí donde se le presentan las mismas formas. La configuracion de las montañas es uno de los elementos mas importantes que componen la fisonomía de la Naturaleza. Las montañas, segun que esten revestidas de vejetacion, ó presenten á la vista su estéril desnudez, comunican á la region aspecto atractivo ó carácter severo y grandioso. Esto es lo que me obligó á reunir en un Atlas, vistas de las Cordilleras de Quito y de Méjico, grabadas segun mis propios dibujos. El basalto se presenta unas veces en cúpulas cónicas, algo redondeadas por el vértice, otras en montañas gemelas de altura desigual, colocadas entre sí á poca distancia, algunas finalmente, bajo la forma de una larga cima horizontal, terminada en cada estremo por una cúpula mas elevada. En el traquito, se distingue especialmente la forma majestuosa de la media naranja, que es la del Chimborazo, de 20,100 pies de altura (4), y que no debe confundirse con la figura de campana que afectan montañas igualmente cerradas en el vértice, pero mas lanzadas. El Cotopaxi, de 17,712 pies de altura (5), presenta el ejemplo de un cono perfecto. Despues de él viene el Popocatepetl (de 16,632 pies de altura), cuya magnificencia puede contemplarse desde el humoso lago de Tezcuco ó desde las alturas de la pirámide de gradas de Cholula (6), y el volcan de Orizaba (de 16,302 pies de altura, ó de 16,776 segun Ferrer) (7). El Nevado de Cayambà Urcu (de 18,170 pies de altura), que atraviesa el ecuador, muestra el aspecto de cono muy truncado (8), como el volcan de Tolima (17,010 pies), que se distingue al pie del Páramo de Quindiu, cerca de la pe-

Digitized by Google

queña ciudad de Ibaga, sobre un antiguo bosque (9). El volcan del Pichincha (de 14,910 pies de altura) ofrece á la mirada asombrada del geognosta una prolongada cima, á cuya estremidad y en el lado mas elevado se halla el estenso cráter, que lanza todavía llamas (10.)

El hundimiento y rompimiento de los muros de los cráteres, causados por las grandes catástrofes de la Naturaleza y por las esplosiones salidas de las entrañas del globo, determinan singulares contrastes en las formas de las montañas cónicas. De aquí resultó la division en dos pirámides, más ó ménos regulares, que se produjo en el Cargairazo (14,700 pies de altura), cuando el súbito ahondamiento que se verificó en la noche del 19 de Julio de 1698 (11), y la que dividió tambien el Ilinissa (12); de aquí la figura dentada de las paredes superiores, en el cráter del Capac Urcu, el *Cerro del Altar*, que solo tiene hoy 16,380 pies de altura, y cuyas dos cimas, muy regulares é inclinadas una hácia la otra, dejan presumir la forma primitiva. Es tradicion generalmente estendida entre los indígenas de la meseta de Quito, que habitan entre Chambo y Lican, entre las montañas de Condorasto y de Cuvillan, que, despues de las erupciones que duraron sin interrupcion siete ú ocho años, la cima del Capac Urcu se hundió, catorce años antes de la caida de Huayna Capac, hijo del Inca Tupac Yupanqui, y que toda la meseta en que está situada la nueva ciudad de Riobamba se cubrió de pomez y de cenizas volcánicas. *El Cerro del Altar*, primitivamente mas elevado que el Chimborazo, se llamó en la lengua de los Incas ó lengua *quechua*, el rey ó el príncipe de las montañas, de *Capac*, rey y *Urcu* montaña, porque los indígenas veian elevarse el vértice de este volcán, sobre la línea inferior de las nieves perpetuas, á mucha mayor altura que ninguna otra montaña de la comarca (13). El gran Ararat, á cuya cima de 16,026 pies de altura, llegó Parrot, en 1829, Abich y

Digitized by Google

Chodzko, en 1845 y 1850, es, como el Chimborazo, una cúpula cerrada. Las poderosas corrientes de lava que ha arrojado, salieron por debajo del límite de las nieves. Un rasgo característico de la configuracion del Ararat es una caverna lateral, una escotadura profunda, conocida con el nombre de Valle de Jacob, que puede compararse con el *Val del Bove* del Etna. Solo en esta caverna, segun observacion de Abich, puede realmente reconocerse la estructura interior del núcleo de la campana traquítica, en atencion á que ese núcleo y el levantamiento del Ararat por completo son mucho más antíguos que las corriente de lava (14). El Kasbegk y el Tschegem, que, como el colosal Elbruz, de 18,500 pies de altura, hicieron erupcion en la cima principal del Cáucaso que se dirige de Este Sud-Este á Oest-Noroeste, son tambien conos sin cráteres en el vértice, mientras que el Elbruz ostenta en su vértice un cráter-lago.

En todas las comarcas, las montañas de forma de cono ó de cúpula son las mas numerosas; la larga cima del Pichincha, aislado en medio de los volcanes de Quito, es muy digna de atencion. Hé estudiado mucho y cuidadosamente la configuracion de esta montaña, y publicado, además de un perfil, dibujado con sujecion á gran número de medidas angulares, un diseño topográfico de los valles trasversales que la surcan (15). El Pichincha forma un muro de traquito negro, mezclado con augita y oligo clase, de una estension de mas de dos millas geográficas, á lo largo de una falla practicada en la parte más occidental de la cordillera próxima al mar del Sud, sin que el eje de la montaña sea sin embargo paralelo al de la cordillera.

En el Pichincha se suceden en direccion del Sud-Oeste á Nordeste, tres cúpulas, asentadas como fortalezas: el *Cuntur-Gnachana*, el *Guagua-Pichincha*, el hijo del viejo volcan, y el *Picacho de los Ladrillos*. El volcan propia-

Digitized by Google

mente dicho lleva el nombre de Padre ó Antiguo, *Rucu-Pichincha*; es la única parte de esta estensa cima que se eleva hasta la region de las nieves perpetuas, y pasa de la cúpula del Guagua-Pichincha 180 pies próximamente. El cráter oval, algo inclinado hácia el Sud-Oeste, fuera por consiguiente deleje de la muralla que se eleva por término medio á 14706 pies, está rodeado de tres rocas en forma de torres. En la primavera del año 1802, subí acompañado del Indio Felipe Aldas, á la más oriental de las tres rocas. Permanecimos en el borde estremo del cráter, á 2,300 pies próximamente sobre el fondo del abismo inflamado. Wisse, que aprovechó su larga estancia en Quito, para enriquecer las ciencias físicas con tan gran número de observaciones interesantes, no temió pasar, en 1845, muchas noches en el cráter mismo del Rucu-Pichincha, donde el termómetro llegó á 2° bajo cero, durante la puesta del Sol. El cráter está dividido en dos partes por la arista de una roca cubierta de escorias vitrificadas. La oriental, de forma circular, parece más profunda que la otra, y es en la actualidad la verdadera base de la actividad volcánica. Contiene un cono de erupcion, de 250 pies y rodeado de mas de 70 aberturas inflamadas, de las que se exhala un vapor de azufre (16). Probablemente de este cráter, cubierto, en los sitios menos calientes, de mazorcas de gramíneas semejantes á las cañas, y de una especie de arbustos de morera de hojas de Bromelia, surgieron las erupciones ígneas de escorias, pomez y cenizas que ocurrieron en 1539, 1560, 1566, 1577, 1580, y 1660. Durante esas erupciones, la ciudad de Quito quedaba todo un dia sumida en completa oscuridad, causada por el polvo de los rapilis.

A esta clase más rara de volcanes, cuya cima se prolonga en gran estension, pertenecen en el Antiguo Mundo: el Galungung, provisto de un vasto cráter, en la parte occidental de la isla de Java (17), la masa doleríti-

Digitized by Google

ca del Schiwelutsch, cadena de montañas situada en el Kamtschatka, cuya arista está cuajada de cúpulas que se elevan hasta 9,540 pies (18); y el Hécla que, mirado desde el Noroeste, en la direccion de la falla longitudinal sobre la cual se levanta, parece una gran cadena de montañas, en que se destacan muchos pequeños picos. Desde las últimas erupciones de 1845 y 1846, en las cuales arrojó el Hécla corrientes de lava de 2 millas geográficas en longitud y de ancho en algunos sitios de media milla, semejantes á las que vomitó el Etna en 1669, la montaña tiene una hilera de cinco cráteres en forma de cubas. Como la falla principal se dirige al Norte 65° Este, el volcan visto desde Selsundsfjall, es decir, por la parte del Sud-Oeste, y por lo tanto segun un corte trasversal, presenta el aspecto de cono agudo (19).

Las formas de las montañas ignívomas pueden mostrar diferencias sorprendentes, como por ejemplo el Cotopaxi y el Pichincha, sin que las materias que arrojan, y las combinaciones químicas que se operan en las profundidades de la Tierra varien; pero la situacion relativa del cono de levantamiento ofrece particularidades mas singulares aun. En Luzon, grupo de las Filipinas, se levanta, en medio de un gran lago poblado de cocodrilos, en *la laguna de Bombon*, el volcan todavia activo de Taal, cuya erupcion mas funesta fué la de 1754. El cono, á que se subió en el viage de descubrimiento de Kotzebue, tiene un cráter-lago, del cual surge otro cono de erupcion provisto de otro cráter (20). Esta descripcion recuerda á Hannon, en donde se cita una isla que contiene un pequeño lago, en el centro del cual se levanta otra isla. Este fenómeno, á lo que parece, se produjo dos veces: una en el golfo del Pico occidental, otra, en la bahía de los Monos Gorilas en la costa occidental del Africa. Descripciones en las que se marca un carácter tan individual, no pueden estimarse desde luego como verdaderas (21).

Digitized by Google

La consideracion hipsométrica de los puntos mas elevados y más bajos en que se manifiesta la actividad volcánica de la Tierra de una manera permanente ofrece, para la descripcion física del Mundo, el interes que va unido á todo lo que concierne á la reaccion del interior de la Tierra contra su corteza esterior. La altura de los conos volcánicos puede indudablemente dar la medida de la fuerza que los ha levantado (22). La influencia de la altura en la fuerza y forma de las erupciones, son relaciones que conviene apreciar con gran reserva. Algunos efectos semejantes por la frecuencia y la intensidad, producidos escepcionalmente por volcanes cuyas alturas contrastan, no resolverian la cuestion, y de centenares de volcanes activos, cuya existencia en los continentes y en las islas se supone, es muy pequeño el número de los conocidos hasta hoy para que pueda aplicarse el único método cierto, el de los términos medios. Si estos permitieran reconocer á qué altura de los conos de levantamiento corresponde una repeticion mas frecuente de las erupciones, darian aun lugar á la duda de que ademas de la altura, es decir el alejamiento del foco volcánico, obran en la red de las fallas, mas ó menos fáciles de obstruir, accidentes que no pueden ser tenidos en cuenta. Bajo el punto de vista de las causas que concurren á formarlos, los fenómenos volcánicos son, por consiguiente, un problema indeterminado.

Encerrándome pues prudentemente en el dominio de los hechos, puesto que la complicacion de los fenómenos y la falta de documentos históricos acerca de las erupciones verificadas durante el curso de los siglos no permite aun descubrir la ley de las manifestaciones volcánicas, me limitaré, en la hipsometria comparada de los volcanes, á disponer cinco grupos en los cuales cada clase de altura está caracterizada por ejemplos poco numerosos, pero incontestables. Cuento en esos cinco grupos las montañas cónicas, provistas

Digitized by Google

en su vértice de cráteres inflamados, esto es, los volcanes propiamente dichos, cuya actividad no está agotada, pero no las montañas de forma de campana, como el Chimborazo. Todos los conos de erupcion que dependen de un volcan próximo, ó que lejos de todo volcan, como en la isla de Lanzarote y en Isquia, en el Arso del Epomeo, no han sostenido comunicacion permanente entre la atmósfera y el interior del globo, estan tambien escluidos de ese cuadro. Segun el testimonio del observador que ha estudiado con mas celo los fenómenos volcánicos del Etna, Sartorius de Waltershausen, ese volcan se halla rodeado de cerca de 700 conos de erupcion, grandes y pequeños. Como las medidas de alturas tienen por punto de partida el nivel del mar, es decir, la superficie líquida de la Tierra, tal como hoy existe, importa recordar que los volcanes de las islas, algunos de los cuales no se elevan á 1000 pies sobre el Océano, como el volcan japones de Cosima (23), situado á la entrada del estrecho de Tsougar y descrito por Horner y Tilesius, y otros, como el pico de Tenerife (24), tienen mas de 11,500 pies de altura, han sido levantados por las fuerzas volcánicas sobre el lecho del mar, que actualmente tiene 20,000 pies, algunas veces mas de 43,000 pies de profundidad bajo su superficie. Con el fin de evitar las ilusiones que podian causar esas relaciones numéricas conviene añadir tambien que, si, para los volcanes continentales, la diferencia de la primera á la cuarta clase, es decir de 1,000 pies á 18,000, parece muy considerable, el efecto de esta relacion cambia completamente, cuando, conforme á las esperiencias de Mitscherlich acerca del grado de fusion del granito, y segun la hipótesis algo aventurada, en verdad, del calor creciente con la profundidad en proporcion aritmética, se admite que el límite superior de las capas incandescentes de la Tierra está á 119,000 pies bajo el nivel actual del mar. Al considerar la fuerza que la obstruc-

Digitized by Google

cion de las fallas volcánicas añade á la tension de los vapores, es preciso reconocer que las diferencias de altura de los volcanes medidos hasta el dia no son bastante considerables para impedir á la lava y otras masas compactas elevarse á la altura de los cráteres.

HIPSOMETRIA DE LOS VOLCANES.

Primer grupo, de 700 á 4,000 pies de altura.

El volcan de la isla Cosima, en el Japon, al Sud de la isla Jezo, 700 pies de altura, segun Horner.

El volcan de la isla Vulcano, en el archipiélago de las islas Lipari, 1,224 pies de altura, segun Hoffman (25).

El Gunung Api, es decir, en lengua malaya, Montaña de Fuego, en la isla Bonda, 1,828 pies.

El volcan de Izalco, en el Estado de San Salvador (América central), volcan casi continuamente en erupcion, á cuyo vértice se llegó por primera vez en 1770, 2,000 pies de altura, segun Squier (26).

El Gunung Ringgit, el menos elevado de los volcanes de Java, 2,200 pies de altura, segun Junghuhn (27).

El Stromboli, 2,775 pies de altura, segun Hoffmann.

El Vesubio: altura media de la parte culminánte de los lados del cráter, sobre la Roca del Palo, 3,750 pies, segun las dos medidas barométricas tomadas por Humboldt, en 1805 y 1822 (28).

El Jorullo, levantado sobre la meseta mejicana, el 29 de Setiembre de 1759, 4,002 pies de altura (29).

Segundo grupo, de 4,000 á 8,000 pies.

El monte Pelé de la Martinica, 4,416 pies de altura, segun Dupuget (medida poco segura).

La Mina de Azufre de la Guadalupe, 4,567 pies de altura, segun Deville.

El Gunung Lamongan, en la parte mas oriental de la isla de Java, 5,010 pies de altura, segun Junghuhn.

El Gunung Tengger, el de mayor crater de todos los volcanes de Java: altura tomada sobre el cono de erupcion el Bromo, 7,080 pies segun Junghuhn (30).

El volcan de Osorno, en Chile, 7,083 pies de altura, segun Fitzroy.

Digitized by Google

El volcan de la isla Pico, en las Azores, 7,143 pies de altura, segun el capitan Vidal (31).

El volcan de la isla Borbon, 7,507 pies de altura, segun Berth.

Tercer grupo, de 8,000 *á* 12,000 *pies.*

El volcan de Awatscha, en la península del Kamstschatka, que es preciso no confundir con el Strjeloschnaja Sopka, situado algo mas al Norte, y al cual llaman tambien los marinos ingleses volcan de Awatscha, 8.360 pies de altura, segun Erman (32).

El volcan de Antuco ó Antoio, en Chile, 8,368 pies de altura, segun Domeyko (33).

El volcan de la isla Fogo, en el archipiélago del cabo Verde, 8,587 pies de altura, segun Deville (34).

El Schiwelutsch, en el Kamtschatka, altura de la cima Noreste, 9,898 pies, segun Erman (35).

El Etna, 10,200 pies de altura, segun Smyth (36).

El pico de Tenerife, 11,408 pies de altura, segun Deville (37).

La Gunung Semeru, la mas elevada de todas las montañas de la isla Java, 11,480 pies de altura, segun las medidas barométricas de Junghuhn.

El Erebus, situado á los 77° 32′ de latitud, el volcan mas próximo al polo Sud, 11,603 pies de altura, segun Ross (38).

El Argæus, en Capadocia, hoy Erdschich Dagh, al sud sud-este de Keisarich, 11,823 pies de altura, segun Tchihatcheff (39).

Cuarto grupo, de 12,000 *á* 16,000 *pies.*

El volcan de Tuqueras, en las altas tierras de la provincia de los Pastos, 12,030 pies de altura, segun Boussingault (40).

El volcan de Pasto, 12,620 pies de altura, segun Boussingault (41).

El Mauna Roa, 12,909 pies de altura, segun Wilkes (42).

El volcan de Cumbal, en la provincia de los Pastos, 14,165 pies de altura, segun Boussingault (43).

El Kliutschewsk, en el Kamtschatka, 14,790 pies de altura, segun Erman (44).

El Rucu Pichincha, 14,940 pies de altura, segun las medidas barométricas de Humboldt.

El Tungurahua, 15,473 pies de altura, segun las medidas trigonométricas de Humboldt (45).

El volcan de Puraz, cerca de Popayan, 15,957 pies, segun José Caldas (46).

Digitized by Google

Quinto grupo, de 16,000 á 20,000 pies.

El Sangay, al sud-este de Quito, 16,068 pies de altura, segun Bouguer y La Condamine (47).

El Popocatepetl, 16,632 pies de altura, segun las medidas trigonométricas de Humboldt (48).

El volcan de Orizaba, 16,776 pies de altura, segun Ferrer (49).

El Eliasberg, en las costas occidentales de la América del Norte, 16,750 pies de altura, segun las medidas de Cuadra y de Galeano (50).

El volcan de Tolima, 17,010 pies de altura, segun las medidas trigonométricas de Humboldt (51).

El volcan de Arequipa, 17,714 pies de altura, segun las medidas trigonométricas de Dolley (medida poco segura) (52).

El Cotopaxi, 17,712 pies de altura, segun Bouguer (53).

El Sahama, en la Bolivia, 20,970 pies de altura, segun Pentland (54).

El Sahama, que cierra la lista, tiene mas de dos veces la elevacion del Etna, y es cinco veces y media mas alto que el Vesubio. La gradacion que he establecido entre los volcanes, á partir de los pequeños cráteres de esplosion, especies de embudos sin andamiada de donde salen las bombas de olivina, rodeadas de trozos de esquisto casi fundidos, hasta el volcan activo de Sahama, de 21,000 pies de altura, hace ver que no hay ningun lazo necesario entre el máximun de elevacion, la disminucion de la actividad volcánica y la naturaleza de las rocas visibles. Observaciones circunscritas á algunos paises pueden inducir facilmente á consecuencias equivocadas. Por ejemplo, en la parte de Méjico, situada en la zona tórrida, todas las montañas cubiertas de nieves perpétuas, es decir, los puntos culminantes de la comarca, son volcanes. Casi lo mismo sucede en las Cordilleras de Quito, si se coloca entre los volcanes á las montañas de traquito de forma de campana, sin abertura en el vértice, como el Chimborazo y el Corazon. Por el contrario, en la parte oriental de los Andes de la Bolivia, los máximos de

Digitized by Google

altura carecen completamente de actividad volcánica. El Nevado de Sorata, de 19,974 pies, y el de Illimani, que tiene 19,843, están formados de grauwacas esquistosas, quebradas por masas de porfiro, y en medio de los cuales se hallan fragmentos de esquisto, testigos de la ruptura de las capas (55). En la Cordillera oriental de Quito, al sud del paralelo de 1° 35′, las altas cimas del Condorasto, del Cuvillan y del Altar de los Collanes, situadas enfrente de los traquitos y que se elevan tambien en la region de las nieves perpétuas, están compuestas de esquisto micáceo y de *gestellstein*. Segun los conocimientos que tenemos hoy acerca de la composicion mineralógica de las mayores alturas del Himalaya, merced á los escelentes trabajos de Bryan, de Hodgson, Jacquemont, Dalton Hooker, Thomson y Strachey, parece que las rocas reputadas en otro tiempo como primitivas, el granito, el gneiss y el esquisto micáceo, se ven tambien en esas montañas; pero que no se descubre en ellas formacion alguna de traquito. Pentland, encontró conchas fósiles en Bolivia, en medio de los esquistos siluricos del Nevado de Antacaua, á 16,400 pies sobre el nivel del mar, entre la Paz y Potosi. La escesiva altura de la formacion cretácea, que revelan los fósiles traidos por Abich del Daghestan, y los que yo mismo he recogido en las Cordilleras del Perú, entre Guambos y Montan, recuerdan de una manera sorprendente que capas sedimentarias, no volcánicas y llenas de despojos orgánicos, capas que no deben confundirse con lechos volcánicos de toba, se presentan en lugares alrededor de los cuales, á una gran distancia, el melafiro, el traquito, la dolerita y otras rocas pirojénicas, á que se atribuye la fuerza que hunde y que levanta, permanecen ocultas en las profundidades de la Tierra. En una inmensa estension de las Cordilleras y de la region próxima al Este, no existe señal alguna visible de toda la formacion granítica.

Digitized by Google

Como muchas veces he observado, la frecuencia de las erupciones de un volcan parece depender de causas múltiples y muy complicadas. Tampoco es posible espresar seguramente por una ley general, la relacion de la altura absoluta con el número y fuerza de las erupciones volcánicas. Si, limitándose á un grupo poco considerable, la comparacion del Stromboli, del Vesubio y del Etna puede hacer creer que el número de las erupciones está en razon inversa de la altura de los volcanes, otros hechos se hallan en oposicion directa con esta fórmula. Sartorius de Waltershausen, tan conocedor del Etna, observa que, segun el término medio de los últimos siglos, puede esperarse una erupcion cada seis años, mientras que en Islandia, donde ninguna parte del suelo está al abrigo de la combustion submarina, las erupciones no se repiten en el Hécla, inferior al Etna en 5,400 pies, sino cada 70 ú 80 años (56). El grupo de los volcanes de Quito presenta un contraste aun más sorprendente. El volcan de Sangay, de más de 16,000 pies de altura, es mucho más activo que el cono del Stromboli, que solo tiene 2,775. El Sangay es de todos los volcanes conocidos, aquel en el que se suceden en el espacio de un cuarto de hora, con la mayor rapidez las erupciones de escorias inflamadas que iluminan á lo lejos el horizonte. En vez de engolfarnos en hipótesis sobre las causas cuyo concurso produce fenómenos inaccesibles á nuestras investigaciones, prefiero detenerme en seis puntos de la superficie del globo que, en la historia de la actividad volcánica, son particularmente instructivos y curiosos. Estos puntos son: el Stromboli, la Quimera de Licia, el antiguo volcan de Masaya, el moderno de Izalco, el de Fogo en las islas de Cabo Verde, y el colosal Sangay.

La Quimera y el Stromboli (antiguo Strongilo) son las dos montañas ignívomas cuya permanencia, fundada en documentos ciertos es mas antigua en la historia. La eminen-

Digitized by Google

cia cónica del Stromboli, formada de dolerita, es dos veces más alta que la montaña ignívoma de la isla de Vulcano, conocida de los antiguos bajo los nombres de Hiera y de Thermessa, cuya última gran erupcion data del año 1775. La incesante actividad del Stromboli se compara con la de la isla Lipari (antigua Meligunis), por Strabon y por Plinio, que atribuyen á sus llamas, es decir, á sus escorias, una pureza y claridad mayores, con un calor ménos intenso (57). El número y la forma de sus pequeñas bocas de fuego son muy variables. La descripcion del suelo del cráter dada por Spallanzani, y que se ha tenido mucho tiempo por una exageracion, ha sido plenamente confirmada por Hoffmann, geognosta consumado, y últimamente por el ingenioso físico Quatrefages. Una de dichas bocas encendidas hasta el rojo no tiene mas que 20 pies de diámetro, asemejándose á la abertura de un gran hornillo. Cuando, desde los bordes del cráter se mira esta abertura, vese á toda hora, subir y desbordarse la lava en fusion. Todavía hoy se orientan los márinos por las erupciones del Stromboli, que no se han interrumpido nunca desde las edades mas atrasadas. La direccion de las llamas y de las columnas de vapores que se escapan del cráter sirven, como actualmente á los Griegos y Romanos, para pronosticar los vientos con más ó ménos acierto. Polybio, cuya descripcion revela un conocimiento singularmente exacto del estado del cráter, refiere á la antigua estancia de Eolo en la isla de Strongilo, y aun mas á observaciones sobre los fuegos de Volcano, la isla sagrada de Vulcano, que, en la época del historiador griego, se escapaban con violencia del cráter, los diversos signos que eran presagio del cambio de vientos. La repeticion de las erupciones ígneas se ha verificado, en los últimos tiempos, á intervalos algo irregulares. El período durante el cual despliega el Stromboli la mayor actividad es el del mes de Noviembre y la estacion de invierno. Segun Sartorius de Wal-

Digitized by Google

tershausen, sucede lo mismo al Etna. Por otra parte, la actividad del Stromboli no se interrumpe sino por ccrtos momentos de calma, como acredita la esperiencia de muchos siglos.

La Quimera de Licia, tan bien descrita por el almirante Beaufort, y de la cual hé hecho mencion dos veces (58), no es un volcan, sino un foco perpétuo, una fuente de gas constantemente inflamado por un efecto de la actividad volcánica de la Tierra. Hace algunos meses, un artista de talento, Alberto Berg, fué á visitar la Quimera, para tomar vistas pintorescas de ese lugar, ya célebre en los tiempos de Ctésias y de Scylax de Caryanda, y recoger fragmentos de todas las rocas de donde salen las erupciones ígneas. Las descripciones de Beaufort, del profesor Forbes y del teniente Sprat, en los *Travels in Licya*, han sido justificadas por completo. Una masa eruptiva de serpentina atraviesa el espeso calcáreo, en una garganta que pasa del Sudeste al Noroeste. En la estremidad Noroeste de esta garganta, la serpentina está cortada ó quizás cubierta verticalmente por una arista de calcáreo redondeado en forma de arco. Los fragmentos que se han traido son, los unos verdes é inalterables, los otros oscuros y en estado de descomposicion. Fácilmente se reconoce en los dos depósitos de serpentina la presencia del diálaga.

El volcan de Masaya (59), *el Infierno de Masaya*, cuya reputacion se habia estendido mucho á principios del del siglo XVI, bajo esta denominacion de *Infierno*, y que ha sido objeto de Memorias dirigidas al emperador Cárlos Quinto, está situado entre los dos lagos de Nicaragua y de Managua, al Sud-Oeste del Nindiri, pueblo encantador de la India. Durante siglos, presentó el raro fenómeno que hemos descrito á propósito del volcan de Stromboli. Veíase desde los bordes del cráter, y á través de una abertura inflamada, subir y precipitarse las olas de lava agitadas por

Digitized by Google

los vapores. El historiador español Fernando Gonzalez de Oviedo, que visitó el Vesuvio en 1501 con la reina de Nápoles, á la cual acompañaba en calidad de *jefe de Guardaropa*, fue el primero que subió al Masaja, en el mes de Julio de 1529, é hizo comparaciones entre los dos volcanes. El nombre de Masaya pertenece á la lengua chorotega, en uso en el Estado de Nicaragua, y significa montaña inflamada. El volcan, rodeado de un campo estenso de lava (mal-país), formado indudablemente por el mismo, era considerado en esta época como perteneciente al grupo de los nuevos Maribios inflamados. «En el estado ordinario, dice Oviedo, la superficie de la lava, en medio de la cual nadan escorias negras, se encuentra á muchos cientos de piés bajo los bordes del cráter, pero á veces se produce repentinamente tal hervor, que la lava casi alcanza el borde mas elevado.» La perpetua iluminacion del Masaya procede, segun el ingenioso y preciso lenguaje de Oviedo, no de una llama propiamente dicha, sino de vapores iluminados por la parte inferior (60). Este fenómeno, añade, tiene tan grande intensidad que, en una senda de más de tres leguas de estension, que conduce desde el volcan á la ciudad de Granada, la comarca estaba iluminada casi como en la época del plenilunio.

Ocho años despues de la ascension de Oviedo, hizo otra al volcan un fraile dominicano, Fray Blas del Castillo, el mismo personaje que, en las obras de Gomara, de Benzoni y de Herrera, es llamado Fray Blas de Iñesta. Convencido de que la lava en fusion en el cráter era oro líquido, Fray Blas se asoció á un religioso flamenco de la Orden de San Francisco, no ménos avaro que él, Fray Juan de Gandavo, y los dos, abusando de la credulidad de los Españoles recien venidos, fundaron una sociedad por acciones, para esplotar esta mina á espensas comunes. Ellos, dice burlescamente Oviedo, estaban eximidos de toda contribu-

Digitized by Google

cion pecuniaria por su calidad de eclesiásticos. La relacion que Fray Blas del Castillo dirigió al obispo de Castilla del Oro, Tomás de Verlenga, sobre los medios de ejecucion de esta aventurada empresa, no fué conocida hasta 1840, por el descubrimiento de la obra de Oviedo sobre Nicaragua. Fray Blas, que habia servido anteriormente como marinero, quiso imitar el método por medio del cual los habitantes de las islas Canarias, suspendidos por cuerdas sobre el mar, recogen de los escarpados flancos de las rocas, la materia colorante llamada orchilla (Lichen Roccella). Meses enteros se emplearon en disponer y renovar los aparatos, para hacer subir sobre el abismo una viga de mas de 30 pies de larga, por medio de una grua y una polea. El fraile, cubierta la cabeza con un casco de hierro y un crucifijo en la mano, fue bajado con otros tres miembros de la asociacion; permanecieron toda una noche sobre la parte sólida del suelo de cráter, en donde hicieron esfuerzos inútiles para coger el pretendido oro, con vasos de tierra cubiertos con una envuelta de hierro. Temerosos de asustar á los interesados, convinieron en decir, si salian de allí, que habian hallado grandes riquezas, y que el *Infierno de Masaya* merecia llamarse en adelante *Paraiso de Masaya* (61). Renovóse la operacion muchas veces hasta que el Gobernador de Granada, ya porque recelara el fraude, ya cuidadoso de que no se perjudicara al fisco, prohibió el descenso al cráter con cuerdas. Tomóse esta medida en el verano de 1538; pero en 1551, el dean del Cabildo de Leon, Juan Alvarez, obtuvo de la Corte de Madrid la cándida autorizacion «de abrir el volcán y tomar todo el oro que contuviera,» ¡tan firmes eran en el siglo XVI las creencias populares! En 1822, Monticelli y Covelli debieron probar tambien en Nápoles, por análisis químicos, que no habia oro en las cenizas arrojadas por el Vesuvio el 28 de Octubre (62).

Digitized by Google

El volcan de Izalco, en la costa occidental de la América central, á 8 millas al Norte de San Salvador, y al Este del puerto de Sonsonata, fué levantado once años despues que el volcan del Jorullo, muy interior en Méjico. Las dos apariciones tuvieron lugar en medio de una llanura cultivada, á continuacion de temblores de tierra y de bramidos subterráneos prolongados durante muchos meses. Una colina en forma de cono salió de tierra en el *Llano de Izalco*, é inmediatamente, el 23 de Febrero de 1770, brotó un torrente de lava del vértice de esta eminencia. Todavía no ha podido determinarse lo que en el rápido crecimiento de la colina proviene del levantamiento del suelo, y lo que depende de la acumulacion de las escorias, cenizas y masas tobáceas; lo único cierto es que despues de su primera erupcion, el nuevo volcan, lejos de apagarse casi en seguida, como el Jorullo, no ha suspendido su actividad, y que frecuentemente sirve de faro á los marinos que recalan en la bahía de Acajutla. Cuéntanse alli cuatro erupciones ígneas por hora. La regularidad de ese fenómeno ha sorprendido á los pocos viajeros que lo han observado exactamente (63). La fuerza de las erupciones era variable, pero no la duracion de los intervalos. La altura que alcanzó el volcan de Izalco despues de su última erupcion de 1825, está evaluada en 1,500 pies próximamente; altura casi igual á la del volcan de Jorullo sobre la llanura que le abrió paso; y cuatro veces la del cráter de levantamiento de Monte Nuovo, en los campos Flégraneos, que, segun las medidas exactas de Scacchi, es de 405 pies (64). La actividad permanente del volcan de Izalco, considerado mucho tiempo como una válvula de seguridad para la comarca vecina á San Salvador, no conjuró sin embargo la catástrofe que destruyó completamente la ciudad, en la noche de Pascua de 1854.

Una de las islas de Cabo-Verde, que se levanta entre

Digitized by Google

San Iago y Brava, ha sido llamada por los Portugueses la Isla de Fuego, *Ilha do Fogo*, porque, como Stromboli, lanzó llamas sin interrupcion desde 1680 á 1713. Despues de un largo descanso, el volcan de esta isla se reanimó en el verano de 1798, poco tiempo despues de la última erupcion lateral del pico de Tenerife, que salió á través del cráter de Chahorra, llamado sin razon el volcan de Chahorra, como si formase una montaña distinta.

El mas activo de todos los volcanes de la América meridional es el Sangay, y aun escede en actividad á todos los volcanes ya citados. Llámasele tambien volcan de Macas, porque los restos de esta antigua ciudad, muy populosa al principio de la Conquista, están situados en el Rio-Upano, á 7 millas geográficas al Sud de Sangay. Esta montaña colosal, de 16,068 pies de altura, surgió en la vertiente Este de la Cordillera oriental, entre dos sistemas de afluentes que van á engrosar el rio de las Amazonas, el del Pastaza y el del Upano. El grande, el incomparable fenómeno que presenta en la actualidad el Sangay, parece que no empezó hasta 1728. Cuando la medida astronómica del grado, tomada por Bouguer y La Condamine desde 1738 á 1740, esta montaña hizo los oficios de una señal de fuego perpétuo (65). Yo mismo oí durante muchos meses, en 1802, en Chillo cerca de Quito, en la deliciosa casa de campo del Marqués de Selvalegre, los bramidos del Sangay, que medio siglo antes habia oido Don Jorge Juan, algo mas al Nord-Este, cerca de Pintac, al pie del Antisana (66). En 1842 y 1843, las erupciones fueron acompañadas de ruidos mas violentos que nunca, que se oyeron distintamente, no solo en el puerto de Guayaquil, sino hasta en Payta y San Buenaventura, á lo largo de las costas del mar del Sud, es decir, que salvaron una distancia igual á la que separa á Basilea de Berlin, los Pirineos de Fontainebleau, ó Lóndres de Aberdeen. Desde principios

Digitized by Google

de siglo, muchos geognostas visitaron los volcanes de Méjico, de Nueva-Granada, de Quito, de la Bolivia y de Chile; por desgracia la situacion solitaria del Sangay, colocado fuera de todas las vías de comunicacion, ha sido causa de que se le olvide. Solo en el mes de Diciembre de 1849 subió á él un sabio y atrevido viajero, Wisse, despues de una estancia de cinco años en la cadena de los Andes, y llegó hasta la estremidad de la cima cubierta de nieve. A la vez que determinaba exactamente por medio del cronómetro la frecuencia estraordinaria de las erupciones, estudió la composicion del traquito, encerrado en un reducido espacio, de donde salia á través del gneiss. Wisse contó 267 erupciones por hora (67); cada una duraba, por término medio, 13″,4. Lo que hay en esto de sorprendente es que dichas erupciones no iban acompañadas de sacudida alguna sensible, aun en el cono mismo de cenizas. Las materias arrojadas por el volcan en medio de una humareda abundante, de color ya gris ya naranjado, son en su mayor parte una mezcla de cenizas negras y de rapilis; pero lanza tambien verticalmente escorias de forma esférica, que no tienen menos de 15 á 16 pulgadas de diámetro. En una de las erupciones mas fuertes, Wisse no pudo contar mas que 50 ó 60 piedras incandescentes, arrojadas simultáneamente. El mayor número de esas piedras vuelve á caer en el abismo; algunas veces cubren el borde superior del cráter ó se deslizan á lo largo del cono, y despiden por la noche un brillo que visto á gran distancia por La Condamine, le produjo el efecto de una eyeccion de azufre y de asfalto inflamados. Las piedras suben aislada y sucesivamente de modo que las unas vuelven á caer ya cuando las otras apenas han abandonado el cráter. Segun una medida exacta del tiempo, el espacio que recorren en la parte de su caida posible de ver, es decir, hasta el borde superior del cráter, parece, por término medio, de 737

Digitized by Google

pies. Las piedras lanzadas por el Etna llegan, segun las medidas de Sartorius Waltershausen y del astrónomo Christian Peters, á una altura de 2,500 pies sobre los bordes del cráter; las evaluaciones de Gemellaro, durante la erupcion de 1832, dan un resultado tres veces mas considerable. La ceniza negra forma, en la pendiente del Sangay y en un radio de 3 millas, capas de 300 á 400 pies de espesor. El color de esas cenizas y el de los rapilis da á la parte superior del cono un aspecto terrible. Antes de terminar esta reseña, será bueno indicar las proporciones gigantescas del Sangay, seis veces mas elevado que el Stromboli, teniendo en cuenta que esta comparacion desmiente de una manera formal la creencia, demasiado absoluta, de que las montañas ignívomas menos elevadas son las que siempre producen erupciones mas frecuentes.

La agrupacion de los volcanes importa mas aun quizás que su configuracion y su altura, porque conduce al gran fenómeno geológico del levantamiento del suelo sobre las fallas de que está surcada la corteza terrestre. Esos grupos sea que, segun la division de Buch, estén formados alrededor de un volcan central, ó dispuestos en hileras, indican las partes del suelo en que la erupcion de las materias liquefactadas ha encontrado menos resistencia, á consecuencia del menor espesor de las capas roquizas, ó en razon á su conformacion natural y de su ruptura primitiva. El espacio sobre el cual se ejerce la actividad volcánica de una manera formidable, en el Etna, las islas Eolicas, el Vesubio y los campos Flegranéos, desde Puteoli (Dicearco), hasta Cumas y hasta Isquia, la isla tirrena de los Monos (Ænaria), en donde el Epopeus arroja llamas, comprende tres grados de latitud. Reunion tal de fenómenos análogos no podia pasar desapercibida para los Griegos. Léese en Strabon: «Toda la parte de mar que empieza en Cumas y llega hasta Sicilia, está encendida, y contiene en sus profundi-

Digitized by Google

dades cavernas que comunican entre sí y con el continente (68). Esta naturaleza es no solo la del Etna, segun el testimonio de todos los que la han visto, sino tambien de las islas Liparis y de toda la region que rodea á Dicearco, Ncapolis, Baja y Pitecusa.» De aquí nació la fábula de que Tifon estaba acostado en Sicilia, y cuantas veces se movia hacia brotar llamas y aguas, y de que en ocasiones tambien surgian islotes de en medio de las ondas de ebullicion. «Frecuentemente, dice además Strabon, viéronse aparecer llamas en la superficie del mar, en el grande espacio comprendido entre Strongilo y Lipara. El fuego encerrado en las cavernas profundas sale violentamente de dentro á afuera.» En Pindaro (69), el cuerpo de Tifon ocupa tal espacio, que la Sicilia y alturas rodeadas por el mar, que se estienden sobre Cumas, es decir, los campos Flegranéos, descansan en el pecho velludo del coloso.

Así Tifon, ó Encelada que se ha confundido con él, era en la imaginacion de los Griegos la personificacion mítica de la causa desconocida y oculta en las profundidades de la Tierra, de donde nacian los fenómenos volcánicos. El lugar que se le asigna y el espacio que ocupa espresan la delimitacion y accion comun de muchos sistemas volcánicos. En el gran cuadro del mundo que coloca Platon al fin de su *Fédon,* bajo esta imágen geológica del interior de la Tierra, que acredita una fantasía tan poderosa, aquella accion comun se atribuye mas atrevidamente aun, al conjunto de todos los sistemas. Todas las corrientes de lava se alimentan en el Piriflegeton, que despues de haber dado muchas vueltas debajo de la Tierra se hunde en el Tartaro. Platon dice formalmente que los volcanes, cualquiera que sea el lugar donde se encuentren, hacen ascender, por la fuerza de su soplo, las materias violentamente arrancadas al Piriflegeton (70). La espresion ἀποσκάσματα que usa Platon, espresa bastante bien la fuerza de impulsion del

Digitized by Google

viento que, encadenado hasta entonces, se abre salida súbitamente, fuerza sobre la cual fundó despues Aristóteles su teoría de los volcanes.

Segun esos antiguos cálculos, las hileras de volcanes tienen aun, para el observador que abarca el conjunto del cuerpo terrestre, un carácter mejor determinado que los volcanes centrales. Esta disposicion de los volcanes es sorprendente, sobre todo cuando siguen grandes fallas, paralelas entre sí de ordinario, que atraviesan en línea recta estensas comarcas, como las Cordilleras. Para obedecer á esas condiciones, y citar solo las cadenas importantes que contienen los volcanes mas próximos unos de otros, encontramos, en el Nuevo Continente, la cadena volcánica de la América central y de Méjico, las de Nueva-Granada y Quito, del Perú, de la Bolivia y de Chile; en el Antiguo Continente, las islas de la Sonda, en particular Java, la península de Kamtschatka y su prolongacion en las Kuriles, por último, las islas Aleuticas, límite meridional del mar casi cerrado de Bering. Vamos á detenernos en algunos de esos prupos principales, porque reuniendo los detalles es como puede llegarse á descubrir los fundamentos de los fenómenos.

La cadena de la América central, que une los volcanes designados antiguamente con el nombre de Costa Rica, Nicaragua, San Salvador y Guatemala, se estiende desde el volcan Turrialva, cerca de Cartago, hasta el de Soconusco, por un espacio de seis grados de latitud, entre 10° 9′ y 16° 2′. Dirigida generalmente de Sudeste á Noroeste, y describiendo además algunas ligeras curvaturas, no tiene menos de 135 millas geográficas; casi la distancia del Vesubio á Praga. Entre la *laguna de Managua* y la bahía de Fonseca, entre el volcan de Momotombo y el de Conseguina, cuyo ruido subterráneo, oido en 1835 en la Jamáica y en la meseta del Bogotá, producia el efecto

Digitized by Google

de detonaciones de artillería, están situados ocho volcanes mas, muy próximos unos de otros, y que parecen levantados en una sola y misma falla, de 16 millas geográficas de longitud. En la América central y en toda la parte meridional del Nuevo Continente, y aun puede decirse que desde el archipiélago de los Chonos, al Sud de Chile, hasta el volcan setentrional de Edgecomba, en la pequeña isla próxima á Sitka (71), y al del monte Elías, en el *Prince William's Sund*, en una estension de 1,600 millas geográficas, las fallas volcánicas están abiertas por do quier en la parte occidental que es la mas cercana al mar del Sud. En el lugar donde la cadena volcánica de la América central entra en el estado de San Salvador, al Norte del golfo de Fonseca, cerca del volcan de Conchagua, á los 13° 30′ de latitud boreal, cambia su eje con el de las costas, y toma la direccion del Este-Sud-Este á Oeste Noroeste, y aun pasa casi decididamente de Este á Oeste, en el sitio donde se encuentran tan próximas unas de otras las montañas ignívomas, que pueden contarse cinco, mas ó menos activas, en el pequeño espacio de 30 millas. A esta desviacion corresponde un hinchamiento considerable del continente, en la península de Honduras, en donde la costa oriental se inclina bruscamente de Este á Oeste, desde el cabo de *Gracias á Dios* hasta el golfo de Amatico, es decir en una estension de 75 millas, despues de haber recorrido un espacio igual paralelamente al meridiano. En el grupo de los altos volcanes del Guatemala, á los 14° 10′ de latitud, la cadena vuelve á tomar su antigua direccion N. 45° O., y continúa asi hasta la frontera de Méjico, del lado de Chiapa y del istmo de Huasacualco. Al Noroeste del volcan de Soconusko y hasta el de Tuxtla, no se ha encontrado un solo cono de traquito apagado. Domina en esta region el granito rico en cuarzo y el esquisto micaceo.

Los volcanes de la América central no coronan las ca-

Digitized by Google

denas de montañas; se levantan á su pie, y la mayor parte completamente separados de las mismas. Las alturas mas considerables están en los dos estremos de la línea. Hácia el Sud, en Costa Rica, se descubren los dos mares sobre la cima del volcan de Cartago, el Irasu; es cierto que, además de la altura, la posicion mas central de la montaña concurre á ensanchar el horizonte. Al Sud-Este de Cartago se elevan montañas de 10 á 11,000 pies: el Chiriqui (10,567), y el Pico Blanco (11,013.) Ignórase de qué rocas se componen; probablemente son conos traquíticos cerrados. Mas lejos, hácia el Sud-Este, en Veragua, las alturas disminuyen y no pasan de 5 ó 6,000pies. Esta elevacion parece ser tambien la elevacion media de los volcanes de Nicaragua y de San Salvador; pero en la estremidad Noroeste de toda la cadena volcánica, no lejos de la nueva ciudad de Guatemala, existen dos volcanes que se levantan á la altura de 12,000 pies. Los máximos caen asi, segun la clasificacion hipsométrica que he dado antes, en el tercer grupo, con el Etna y el Pico de Tenerife, mientras que la mayor parte de las alturas situadas entre las dos estremidades esceden apenas en 2,000 pies la altura del Vesubio. Los volcanes de Méjico, Nueva Granada y Quito pertenecen al quinto grupo, y se elevan en su mayoría á mas de 16,000 pies.

Aunque, á partir del istmo de Panamá, y atravesando las provincias de Veragua, Costa Rica y Nicaragua, hasta los 11° 30′ de latitud boreal, se nota ya un ensanchamiento sensible en el continente de la América central, la estensa superficie del lago de Nicaragua, que escede solo en 120 pies el nivel de los mares (72), produce tal depresion del suelo, que desde el mar de las Antillas al mar del Sud, se forma una gran corriente de aire funesta por lo general á los navegantes que atraviesan el Oceano llamado pacífico. Las tempestades causadas por estos vientos del Nord-Este

Digitized by Google

reciben el nombre de *Papagayos*, y subsisten á veces cuatro ó cinco dias sin interrupcion. Tienen de notable que, mientras duran, despejan ordinariamente de nubes el cielo. El nombre de Papagayos está tomado del golfo de Papagayo, es decir de la parte de las costas occidentales del Estado de Nicaragua comprendida entre Brito ó Cabo Desolado y Punta S. Elena, entre 11° 32′ y 10° 50′, que encierra, al Sud *del Puerto de San Juan del Sur*, las pequeñas bahías de Salinas y de S. Elena. En una travesía que hice de Guayaquil á Acapulco, pude comprender, durante los dos dias 9 y 11 de Marzo de 1803, toda la violencia de los Papagayos, y observar los caracteres particulares de esas tempestades. Habia ya sin embargo pasado de los parajes indicados antes, y me encontraba al Sud á 9° 3′ de latitud. Las olas eran tan altas como jamás habia visto, y el Sol, que constantemente se distinguia en un cielo azul, me permitió medir la altura de aquellas, por un método que no se habia aun esperimentado, por las alturas del Sol mismo sobre dichas olas y las profundidades que abrian. Todos los marinos españoles, ingleses y americanos atribuyen á los vientos alíseos del Nord-Este, que nacen en el Océano Atlántico, los Papagayos del mar del Sud (73).

En un nuevo trabajo sobre las cadenas volcánicas de la América central á que me dedico con gran aplicacion, y que se compondrá en parte de los materiales publicados, en parte de noticias manuscritas (74), enumero 29 volcanes, cuya actividad pasada ó presente puede ser estimada con exactitud. Los habitantes de esas regiones cuentan un tercio mas, pero comprenden antiguos estanques de erupcion, que quizás no hicieron mas que dar paso á muchas erupciones laterales, procedentes de un solo y mismo volcan. Entre los conos y las campanas aisladas que los indígenas llaman volcanes, es posible que muchos esten formados de traquito y de dolerita; pero constantemente cerrados desde su levantamiento,

Digitized by Google

jamás han dado señales de actividad. En la actualidad solo pueden considerarse como inflamados 18 volcanes. Siete han arrojado llamas, escorias y corrientes de lava en este siglo, en 1825, 1835, 1848 y 1850, dos han presentado los mismos fenómenos á fines del siglo pasado, en 1775 y 1799 (75). Fundándose en la falta de corrientes de lava en los poderosos volcanes de las Cordilleras de Quito, los geólogos han afirmado últimamente repetidas veces, que esta carencia era general en los volcanes de la América central. Verdaderamente, las erupciones de escorias y de cenizas se producen ordinariamente sin corrientes de lava, que es lo que sucede en este momento al volcan de Izalco; pero las emisiones de lava, de los cuatro volcanes Nindiri, el Nuevo, Conseguina, San Miguel de Bosotlan, descritas por testigos oculares, contradicen esta asercion (76).

Me he detenido de intento en todos los detalles relativos á la situacion de los volcanes dispuestos en apretada fila, que forman las cadenas volcánicas de la América central, con la esperanza de que un geognosta que hubiera estudiado anticipadamente los volcanes activos de la Europa y los apagados de la Auvernia, del Vivarais ó del Eifel, y que fuera capaz, cosa que es de la mayor importancia, de describir la composicion de las rocas segun las exigencias de la mineralogía moderna, sintiese por fin el deseo de visitar esta comarca, tan accesible ahora, y aun puede decirse que tan próxima á nosotros. Quedará todavia mucho que hacer, aun cuando ese viajero se consagrase esclusivamente á investigaciones geognósticas, y se propusiese sobre todo determinar, bajo el punto de vista de la orictognosia, las rocas traquíticas, doleríticas y melafíricas, clasificar el levantamiento primitivo y las partes cubiertas por erupciones posteriores, distinguir finalmente las verdaderas lavas, que se estienden en corrientes estrechas y contínuas, de las es-

Digitized by Google

corias amontonadas, que se confunden frecuentemente con ellas. Importa tambien separar claramente las montañas cónicas que se levantan en forma de cúpulas ó de campanas, y que están siempre cerradas, de los volcanes aun activos, ó que lo han sido, y que vomitan escorias y corrientes de lavas, como el Vesubio y el Etna, ó escorias y cenizas sin lavas, como el Pichincha y el Cotopaxi. Nada, que yo sepa, puede dar un impulso mas rápido al conocimiento de la actividad volcánica, que tanto deja aun que desear, por falta de suficiente número de observaciones acerca de las grandes masas continentales. Si además, como resultado material de este vasto trabajo, se examinasen colecciones de rocas, recogidas de gran número de volcanes propiamente dichos y conos traquíticos cerrados, teniendo cuidado de añadir á ellas fragmentos de las capas no volcánicas, rotas por el levantamiento de esta doble especie de montañas, habríase abierto al análisis químico y á las deducciones geológicas y químicas cuyo análisis seria el punto de partida un campo tan vasto como fecundo. La América central y Java tienen, sobre Méjico, el reino de Quito y Chile, la incontestable ventaja de ofrecer en un espacio mas estenso, y con menos intervalos, los mas diversos modelos de las andamiadas á través de las cuales se manifiesta la actividad volcánica.

Con el volcan de Soconusko, situado á los 16° 2′ de latitud boreal, acaba cerca de la frontera de la provincia de Chiapa, la cadena volcánica de la América central, y empieza un sistema completamente distinto, el sistema mejicano. Los istmos de Huasacualco y de Tehuantepec, tan importantes para el comercio con el mar del Sud, están, como el estado de Oaraca al Nor-Oeste, completamente desprovistos de volcanes, y quizás tambien de conos traquíticos cerrados. A 40 millas del volcan de Soconusko se levanta, cerca de la costa de Alvarado, á los 18° 28′ de latitud,

Digitized by Google

sobre la vertiente oriental de la Sierra de San Martin, el pequeño volcan de Tuxtla, de donde salió, el 2 de Marzo de 1793, una gran erupcion de llamas y de cenizas. Yo habia determinado exactamente, en el interior de Méjico, en el antiguo Anahuac, el lugar astronómico de los volcanes y de los colosos nevados; á mi vuelta á Europa, en el momento en que insertaba los máximos de altura en mi gran mapa de la Nueva-España, el exámen de esas determinaciones me llevó á reconocer que, de un mar á otro, existe un paralelo de volcanes y de puntos culminantes, que oscila solo algunos minutos alrededor del paralelo geográfico de 19°. Los únicos volcanes y al mismo tiempo las únicas montañas cubiertas de nieves perpétuas que encierra el país, lo que supone en esta comarca una elevacion mayor de 11 ó 12,000 pies, el volcan de Orizaba, el Popocatepètl, los de Toluca y de Colima, están situados entre 18° 59′ y 19° 20′, y parecen señalar la direccion de una falla volcánica, lo menos de 90 millas de larga, que va de Este á Oeste (77). En dicha direccion, á los 19° 9′, entre los volcanes de Toluca y de Colima, á 29 millas del uno y 32 millas del otro, en una estensa meseta de 2,424 pies de elevacion, surgió el volcan de Jorullo, el 14 de Setiembre de 1759, á 4,002 pies de altura. El lugar de este fenómeno, comparado con la situacion de los demás volcanes mejicanos, y la circunstancia de que la falla dirigida de Este á Oeste, corta casi en ángulo recto la gran cadena de montañas que corre del Sud-Sud-Este al Nor-Nor-Este, son hechos geológicos no menos importantes que la distancia del Jorullo al mar, las huellas que ha dejado su levantamiento y de las cuales he dado un detallado dibujo, los innumerables *hornitos* que exhalan vapores alrededor de la montaña, y los pedazos de granito que encontré empastados en la corriente de lava, vomitada por el volcan principal.

Digitized by Google

El cuadro siguiente contiene las determinaciones de lugar y las alturas de los volcanes que forman la cadena volcánica de Anahuac, sobre una falla que corta, de un mar á otro, la de la gran cadena de montañas.

ORDEN DE LOS VOLCANES de Este á Oeste.	LATITUD GEOGRAFICA.	ALTURAS SOBRE EL MAR.
Volcan de Orizaba.	19° 2′ 17″	2796 toesas.
Nevado Iztaccihuatl.	19° 10′ 3″	2456
Popocatepetl	18° 59′ 47″	2772
Volcan de Toluca.	19° 11′ 33″	2372
Jorullo.	19° 9′ 0″	667
Volcan de Colima.	19° 20′ 0″	1877

A 110 millas hácia el Oeste de las costas del mar del Sud, el paralelo de actividad volcánica que atraviesa la region tropical de Méjico encuentra al grupo de las islas Revillagigedo, en cuyas cercanías Collnet ha visto nadar piedra pomez. Quizás puede prolongarse este paralelo hasta la distancia de 840 millas, donde se reune al gran volcan Mauna Roa, á los 19° 28′ de latitud, aunque en el intervalo no exista ningun levantamiento de islas.

Las cadenas volcánicas de Quito y de Nueva-Granada comprenden una zona en la que se manifiesta en la actualidad la reaccion del interior de la Tierra sobre su super-

Digitized by Google

ficie, y que se estiende desde 2º de latitud austral hasta cerca de 5º de latitud boreal. Las dos estremidades de esta zona están ocupadas por el Sangay, cuya actividad no ha cesado nunca, y por el Páramo y el volcan de Ruiz, cuya última sacudida tuvo lugar en 1829, y que vió echar humo Degenhardt en 1831, desde la *Mina de Santana*, en la provincia de Mariquita, y en 1833 desde Marmato. A partir del volcan de Ruiz, los que han conservado señales mas notables de grandes fenómenos eruptivos son, en la direccion del Norte al Sud: el cono truncado del volcan de Tolima (17,010 pies de altura), que debe su celebridad al recuerdo que dejó su espantosa erupcion del 12 de Marzo de 1575; los volcanes de Puraz (15,950 pies de altura), y de Sotara, cerca de Popayan; el volcan de Pasto (12,620 pies), cerca de la ciudad del mismo nombre; los de *Monte de Azufre* (12,030 pies de altura), cerca de Tuquerras, de Cumbal (14,654 pies), y por último de Chiles, en la provincia de los Pastos. Siguen despues volcanes de mayor renombre histórico, situados sobre la meseta de Quito propiamente dicho, al Sud del Ecuador, y entre los cuales pueden ciertamente considerarse como no apagados, el Pichincha, el Cotopaxi, el Tungurahua y el Sangay. Al norte del nudo de montañas de Robles, cerca de Popayan, de entre las tres cordilleras que componen la cadena de los Andes, la del centro, y no la occidental, mas próxima al mar del Sud, es la que, como demostraré muy pronto, da signos de actividad volcánica; pero al Sud de este mismo nudo de montañas, en el sitio donde los Andes no forman mas que dos cadenas paralelas, citadas con tanta frecuencia en los escritos de Bouguer y de la Condamine, las montañas ignívomas por el contrario, están repartidas igualmente. Así, los cuatro volcanes de los Pastos, como el Cotocachi, el Pichincha, el Iliniza, el Carguairazo y el Jana-Urcu, se hallan situados al pie del Chimborazo, en la

Digitized by Google

cadena occidental, mas próxima al mar, pero el Imbabura, el Cayambo, el Antisana, el Cotopaxi, el Tungurahua que se levanta en frente del Cotopaxi, casi en medio de la estrecha meseta que separa las dos cadenas paralelas, el *Altar de los Collanes*, llamado tambien el Capac-Urcu, y el Sangay pertenecen á la cordillera oriental. Cuando se abraza de una ojeada el grupo mas setentrional de las cadenas volcánicas de la América meridional, la opinion tantas veces espresada en Quito, y á cuyo favor pueden invocarse hechos históricos, á saber, que la actividad volcánica cambia y gana en intensidad de Norte á Sud, adquiere un cierto grado de verosimilitud. Es cierto que, del lado del Sud, cerca del gigantesco Sangay, que no cede en actividad al Stromboli, encontramos las ruinas del Príncipe de las Montañas, del Capac-Urcu, que ha sobrepujado seguramente la altura de Chimborazo, pero que á fines del siglo XV, 14 años antes de la conquista de Quito por el hijo del Inca Tupac Yupanqui, se apagó desplomándose, y no ha vuelto á encenderse despues.

El espacio que en la cadena de los Andes no está cubierto por grupos de volcanes, es mucho mayor de lo que ordinariamente se cree. En la parte setentrional de la América del Sud, desde el volcan de Ruiz y el cono de Tolima, que forman la estremidad setentrional de la cadena volcánica de Nueva-Granada y de Quito, hasta Costa Rica, mas allá del istmo de Panamá, donde empieza la cadena de la América central, existe una comarca frecuente y violentamente quebrantada por temblores de tierra, en la cual se conocen salsas que vomitan llamas, pero en donde no se han encontrado huellas de volcanes propiamente dichos. Este país tiene 157 millas geográficas de longitud, y forma una laguna que no es mas que la mitad del espacio falto de volcanes, comprendido entre el Sangay, estremidad meridional del grupo de Nueva-Gra-

Digitized by Google

nada y de Quito, y el Chacani, cerca de Arequipa, punto donde comienza la cadena volcánica del Perú y la Bolivia; tan diferentes y complicadas son, en una misma cadena de montañas, las circunstancias cuyo concurso es necesario para formar fallas permanentes, y asegurar la libre comunicacion del interior del globo con la atmósfera. Entre los grupos de traquito y de dolerita, á través de los cuales actúan las fuerzas volcánicas, encuéntranse espacios menos estensos, donde domina el granito, la sienita, el esquisto micáceo, el esquisto arcilloso, el pórfiro cuarcífero, conglomerados silíceos, y por último rocas calcáreas, una parte considerable de las cuales pertenece, segun el análisis que hizo Buch de los restos orgánicos traidos por Degenhardt y por mí, á la formacion cretácea. Como he hecho ver en otra parte, la aparicion cada vez mas frecuente de las rocas labradoricas, ricas en pirójeno y en oligoclase, anuncia al viajero observador el paso de una zona cerrada hasta allí por sí misma, no volcánica, de porfiros desprovistos de cuarzo, abundantes en feldespato vítreo y muy ricos en plata amenudo, á regiones volcánicas que comunican aun libremente con el interior del cuerpo terrestre.

El conocimiento mas exacto que últimamente hemos adquirido de la posicion y de los límites de los cinco grupos volcánicos pertenecientes á las regiones tropicales de Méjico, á la América central, á las repúblicas de Nueva-Granada y de Quito, á las del Perú y la Bolivia, y á Chile, ha permitido observar que, en la parte de las Cordilleras comprendida entre 19° 15′ de latitud boreal y 46° de latitud austral, que, con las inflexiones causadas por las desviaciones del eje, no tiene menos de 1,300 millas geográficas, casi la mitad de esta estension está cubierta de volcanes; el cálculo da 637 millas contra 607 (78). Si en seguida se trata de repartir el espacio falto de volcanes entre los

Digitized by Google

cinco grupos citados ya, nótase que la mayor distancia es la que separa la cadena de Quito y la del Perú; distancia que es de 240 millas. Por el contrario, los grupos mas aproximados son los dos primeros; es decir, el grupo de Méjico y el de la América central. Los intervalos que separan los cinco grupos están entre sí como los números 75, 157, 240, 135. La gran distancia del volcan mas meridional de Quito al volcan mas setentrional del Perú parece al principio tanto mas sorprendente cuanto que, segun antiguo uso, se ha acostumbrado á llamar la medida de grado tomada en la meseta de Quito, la medida peruana. La parte meridional de los Andes del Perú, que es la menos considerable, es la sola volcánica. El cuadro siguiente indica el número de los volcanes contenidos en cada grupo; ha sido trazado despues de una profunda discusion de los mas recientes materiales.

GRUPOS DE CADENAS VOLCÁNICAS comprendidas entre 19° 25′ de latitud Norte y 46° 8′ de latitud Sud.	NUMERO DE LOS VOLCANES contenidos en cada grupo.	NUMERO DE LOS VOLCANES que pueden considerarse todavía como activos.
Grupo de Méjico (79).....	3	4
Grupo de la América central (80)..	29	18
Grupo de Nueva Granada y Quito (81).....	18	10
Grupo del Perú y de la Bolivia (82).....	24	3
Grupo de Chile (83).....	14	13

Digitized by Google

Así, los cinco grupos americanos dan un total de 91 volcanes, de los cuales 56 pertenecen al continente de la América meridional. Comprendo bajo la denominacion de volcanes, además de los inflamados aun, las andamiadas cuyas erupciones corresponden á los tiempos históricos, ó cuya estructura y masas eruptivas, y entiendo por esto los cráteres de levantamiento y de eyeccion, las lavas, las escorias, las pomez y las obsidianas los designan, sobre toda tradicion, como volcanes apagados hace mucho tiempo. Los conos y las cúpulas de traquito sin abertura, ó las largas cimas de traquito igualmente cerradas, no entran en esta categoría. Este es el sentido que Buch, Darwin y Naumann han dado á la palabra volcan, en sus enumeraciones geográficas. Llamo volcanes inflamados, á los que, considerados muy de cerca, dan aun signos de actividad, en mayor ó menor grado, y una parte de los cuales ha abierto, paso en tiempos próximos á nosotros, á erupciones comprobadas históricamente. La condicion, espresada por las palabras «considerados muy de cerca», es importante, porque, vistos desde la llanura, pueden pasar desapercibidos los vapores ligeros que se escapan del cráter á una gran altura. ¿No se ha negado, en la época de mi viaje á América, que el Pichincha y el gran volcan de Méjico, el Popocatepelt, estuviesen aun inflamados? Despues, un atrevido viajero, Wisse (84), contó, en el cráter del Pichincha, alrededor del gran cono de erupcion todavía activo, 70 bocas inflamadas; y yo mismo he sido testigo ocular de una erupcion de cenizas perfectamente manifiesta, al pie del Popocatepetl, en el *Malpais del Llano de Tetimpa*, donde media una base trigonométrica (85).

La cadena volcánica de la Nueva Granada y de Quito, que, de 18 volcanes, posee todavia 10 inflamados, y tiene una longitud próximamente doble de la de los Pirineos, puede subdivirse en cuatro grupos menos considerables, á

Digitized by Google

saber: el Páramo de Ruiz y el volcan de Tolima, situado á poca distancia, á los 4° 55′ de latitud Norte, segun Acosta; el Puraz y el Sotara, cerca de Popayan, á 2°. 15′; los volcanes de Tuquerras y de Cumbal, en la provincia de los Pastos, entre 2°. 20′ y 0°. 50′, por último, la hilera de volcanes que se estiende desde el Pichincha, próximo á la ciudad de Quito, hasta el Sangay, cuya actividad no ha cesado jamás, es decir, desde el ecuador hasta 2° de latitud austral. Esta última subdivision, no se distingue, entre las cadenas volcánicas del Nuevo Mundo, ni por su longitud ni por la aproximacion de los volcanes que la componen. Sábese hoy que tampoco comprende las cimas mas elevadas; porque el Aconcagua, situado en Chile, á los 32° 39′ (21,584 pies de altura segun Kellet, 22,434 segun Fitz-Roy y Pentland), los Nevados de Sahama (20,970 piés de altura), el Parinacota (20,670 pies de altura), el Gualateiri (20,604 pies de altura) y el Pomarapo (20,360 pies de altura), comprendidos todos entre 18° 7′ y 18° 25′ de latitud austral, están decididamente considerados como mas elevados que el Chimborazo, que solo tiene 20,100 pies. No obstante, los volcanes de Quito son los de mas renombre entre todos los del Nuevo Mundo. Esta celebridad procede de que á la meseta de Quito va unido el recuerdo de trabajos astronómicos, geodésicos, opticos, barométricos, trabajos importantes por los esfuerzos que han costado como por el objeto á que tendian, y que han inmortalizado los nombres de Bouguer y La Condamine. En las comarcas de que se ha posesionado la inteligencia, donde se han agitado numerosas ideas que han contribuido al desenvolvimiento científico, queda como atributo local, por mucho tiempo, la gloria. Por esto en los Alpes suizos, la celebridad va unida preferentemente al Mont-Blanc, no en razon á su altura, que no escede en 523 pies á la del Mont-Rose, no á causa de los peligros que es necesario afrontar en su ascension,

Digitized by Google

sino en recuerdo de las grandes miras físicas y geológicas que ilustran el nombre de Saussure y el teatro de su infatigable actividad. La Naturaleza se presenta grande sobre todo cuando, obrando sobre los sentidos, se refleja en las profundidades del pensamiento.

La cadena volcánica del Perú y de la Bolivia, que pertenece todavía por entero á la zona equinoccial, y sobre la cual, segun Pentland, el límite de las nieves perpétuas no empieza sino á partir de 15,900 pies, alcanza el máximun de su altura, á igual distancia próximamente de sus dos estremidades, en el grupo de Sahama, entre 18° 7′ y 18° 25′ de latitud austral. En este sitio, cerca de Arica, la costa forma una inflexion redondeada y muy sensible, á la cual corresponde un cambio súbito de direccion en el eje de de la cadena de los Andes y en la línea volcánica que corre paralelamente al Oeste. De allí, la costa y la falla volcánica vuelven á tomar la direccion del Sud, no la del Sudeste al Noroeste, sino la misma del meridiano, que conservan hasta la entrada occidental del estrecho de Magallanes, en una estension de mas de 500 millas geográficas. Al recorrer el mapa de las ramificaciones y de los nudos de la cadena de los Andes, que he publicado en 1841, causan sorpresa otras muchas aproximaciones del mismo género, entre el contorno del Nuevo Continente y la direccion de la Cordillera, mas ó menos cercana á la costa. Asi, desde el promontorio Aguya hasta San Lorenzo, es decir desde 5° 30′ á 1° de latitud austral, la costa del Océano Pacífico y la Cordillera corren directamente del Sud al Norte, despues de haberse inclinado ambas á dos, durante tanto tiempo de Sudeste á Noroeste, entre los paralelos de Arica y de Caxamarca; asi tambien la costa y la Cordillera toman francamente la direccion del Sudoeste al Nordeste, desde el nudo de montañas de Imbaburu, cerca de Quito, hasta el de los Robles, cerca de Popayan (86). Parece difícil separar las

Digitized by Google

causas geológicas cuya accion comun determinan la armonía entre los contornos de los continentes y la direccion de las cadenas de montañas vecinas, armonía manifestada con tanta frecuencia en las Cordilleras de la América del Sud, en los Alleghanys de la América del Norte, en las montañas de la Noruega y los Apeninos.

Aunque en la actualidad sea la rama occidental de la cadena de los Andes, es decir, la mas próxima al mar del Sud, la que da mayores testimonios de su actividad volcánica, un observador muy esperimentado, Pentland, ha encontrado, al pie de la cadena oriental, á mas de 45 millas geográficas de la costa, un cráter perfectamente conservado, aunque apagado, con corrientes de lava imposibles de desconocer. Este crater forma el coronamiento de un cono situado no lejos de San Pedro de Cacha, en el valle de Yucay de 11,300 pies de altura, (lat. austr., 14° 8′, long.; 73° 40′) al Sudeste de Curzo, donde la cadena nevada oriental de Apolobamba, de Carabaya y de Vilcanoto se inclina en la direccion del Sudeste al Noroeste. Este punto, digno de la atencion de los viajeros, está señalado por las ruinas de un templo célebre, debido al Inca Viracocha (87). El antiguo volcan, indicado por Pentland, está mucho mas apartado del mar que el Sangay, que pertenece igualmente á una rama oriental de la Cordillera; y mas tambien que el Orizaba y el Jorullo.

Un intervalo sin volcanes, de 135 millas de longitud, separa la cadena volcánica del Perú y de la Bolivia de la de Chile; no hay, con efecto, menor distancia entre la erupcion producida en el desierto de Atacama y el volcan de Coquimbo. 2° 34′ mas al Sud, el grupo de Chile alcanza su máximun de altura en el volcan de Aconcagua, de 21,584 pies de elevacion, que, segun el estado actual de nuestros conocimientos, es tambien el punto culminante de todas las cimas del Nuevo Mundo. La altura media del grupo de

Digitized by Google

Sahama, en la Bolivia, es de 20,650 piés; escede tambien por lo tanto en 550 pies la altura del Chimborazo. Siguen luego, descendiendo rápidamente, el Cotopaxi, el Arequipa (?) y el Tolima, cuyas alturas estan comprendidas entre 17,712 y 17,010 pies. Doy, con aparente exactitud y sin correccion, los resultados de medidas compuestas por desgracia de determinaciones trigonométricas y barométricas, porque esta es, á mi juicio, la mejor manera de provocar medidas nuevas, y de llegar á nociones mas seguras. Es de sentir que, en la cadena de Chile, en la cual he citado veinticuatro volcanes, solo se hayan determinado hipsométricamente unos cuantos. Hanse medido los menos elevados y mas meridionales, los que están comprendidos entre los paralelos de 37° 20′ y 43° 40′, desde Antuco hasta Yantales, y se ha hallado que la altura de esos volcanes no pasa de seis á ocho mil pies. En medio mismo de la Tierra del Fuego, se levanta la cima perpétuamente cubierta de nieve del Sarmiento que, segun Fitz-Roy, no tiene de elevacion mas de 6,400 pies. Desde el volcan de Coquimbo al volcan San Clemente, hay 242 millas.

Acerca de la actividad de los volcanes chilenos, tenemos el importante testimonio de Darwin (88), que cita formalmente, como inflamados todavía, el Osorno, el Corcovabo y el Aconcagua, los testimonios de Meyen, de Pœppig y de Gay, que subieron al Maypo, al Antuco y al Peteroa, por último los de Domeyko, el astrónomo Gilliz y del Mayor Filipi. Segun estas autoridades, debe fijarse en trece el número de los volcanes inflamados; cinco menos únicamente que en el grupo de la América central.

De los cinco grupos que componen las cadenas volcánicas del nuevo continente, y cuya situacion y altura pueden indicarse segun determinaciones de lugares astronómicos, y tambien lo mas frecuentemente segun medidas ipsométricas, pasamos á las cadenas del antiguo mun-

Digitized by Google

do, en el cual, al contrario de lo que acabamos de ver, las filas mas apretadas de volcanes pertenecen no á los continentes, sino á las islas. El mayor número de los volcanes europeos, incluso el gran crater situado entre Tera, Terasia y Aspronisi, que ha dado muchas y sucesivas pruebas de su actividad, se encuentran reunidos en el Mediterráneo, y aun en la parte de este mar designado con el nombre de mar Tirreno y mar Egeo. En Asia, los volcanes mas poderosos estan repartidos en las grandes y pequeñas islas de la Sonda, las Molucas y las Filipinas, en los archipiélagos del Japon, de las Kuriles y de las islas Aleuticas, al Sud y al Este del continente.

En ninguna region de la superficie terrestre se manifiestan señales tan recientes de una comunicacion activa entre el interior y el esterior de nuestro planeta como en el reducido espacio, que tiene apenas una estension de 800 millas cuadradas, y se estiende entre 10° de latitud austral y 14° de latitud boreal, y entre los meridianos que pasan por la estremidad meridional de la península Malaca, y por la punta occidental de la península de los Papuas, en Nueva Guinea. Este archipiélago volcánico iguala casi en estension á la Suiza, y está bañado por los mares de la Sonda, de Banda, de Solo y de Mindoro. La única isla de Java, aunque solo mide 136 millas geográficas de Este á Oeste, contiene aun hoy mayor número de volcanes inflamados que toda la América del Sud, que ofrece una longitud siete veces mayor. Despues de una larga espera, un sabio naturalista, tan atrevido como incansable, Junghuhn, abrió nuevos horizontes á la constitucion geognóstica de Java, utilizando trabajos muy meritorios aunque incompletos, de Horsfield, Stamford Rafles y Reinwardt. Despues de una estancia de mas de doce años, abarcó toda la historia natural del pais, en una interesante obra acerca de Java, su forma, su vegetacion y su estructura interior. Han sido me-

Digitized by Google

didas barométricamente por él mas de 4,000 alturas con el mayor cuidado. Los conos y las campanas volcánicas, en número de 45, las representó en perfil, subiendo á ellas Junghuhn dos ó tres veces (89). Se ha asegurado que mas de la mitad de esos volcanes, 28 por lo menos, están aun en actividad y vomitan llamas. Sus relieves, tan notables y tan diversos, han sido descritos con una maravillosa claridad; el autor se ha remontado, en la historia de sus erupciones, tan lejos como era posible. La isla de Java no ofrece menos interés por sus capas sedimentarias de formacion terciaria que por sus fenómenos volcánicos. Esos terrenos que, antes de los trabajos de Junghuhn, eran completamente desconocidos, cubren los $^3/_5$ de la isla, sobre todo la parte meridional. En muchos sitios de Java, fragmentos de troncos de árboles petrificados, de tres á siete pies de altura, y pertenecientes todos á la clase de los dicotiledones, son los últimos restos de antiguos y dilatados bosques. Esto es tanto mas sorprendente, en un pais donde crecen en la actualidad abundantemente las palmeras y los helechos, cuanto que se encuentran con mucha frecuencia en Europa, en los terrenos terciarios de la formacion hullera, donde no pueden crecer los monocotiledones arborescentes, palmeras fósiles. (90). Merced al cuidado que tuvo Junghuhn de recojer hojas de árboles fósiles y troncos petrificados, pudo Gæppert, trabajando á su vez, publicar la flora antidiluviana de Java, como la primera muestra de la flora fósil de una comarca verdaderamente tropical.

Bajo el respecto de la altura, los volcanes de Java son inferiores en mucho á los tres grupos de Chile, de la Bolivia y del Perú, y aun á los de Quito y de Nueva Granada y las regiones tropicales de Méjico. Los máximos de los grupos americanos están comprendidos, para Chile, la Bolivia y Quito, entre 20,000 y 21,600 pies; y en Méjico son de 17,000. Esos números esceden, en mas

Digitized by Google

de 10,000 pies, es decir próximamente en la altura del Etna, la mayor de los volcanes de Sumatra y de Java. Junghuhn subió, en el mes de Setiembre de 1844, al colosal Gunung-Semeru, aun en actividad, y punto culminante de toda la cadena volcánica de Java. El término medio de sus medidas barométricas dió 11,480 pies sobre el nivel del mar, es decir, 1,640 pies sobre el vértice del Etna. Durante la noche, el termómetro bajó á menos de 6°,2. El Gunung Semeru era conocido antiguamente con el nombre de Mahâ Mêru, el gran Mêru; esta palabra sanscrita recuerda el tiempo en que los Malayos recibieron la civilizacion india, y tambien la montaña setentrional del Mundo que, en el *Mahabharata*, es el fundamento mítico de Brama, de Wischnu y de los siete Devarschis ó siete Sábios divinos (91). Ha sido causa de asombro el que los indígenas de la alta llanura de Quito supieran, con anterioridad á toda medida, que el Chimborazo sobrepuja á todas las montañas nevadas de la comarca; y no ha sorprendido menos que los Javaneses hayan conocido que la montaña sagrada del Mahâ Mêru, poco distante del Gunung-Ardjuno, que se eleva á 10,350 pies, alcanza el máximun de altura en la isla de Java. Sin embargo, en un pais sin nieve, no podia servir de guia la distancia del vértice al límite inferior de las nieves perpétuas ni la altura de la nieve accidental ó temporal (92).

Despues del Gunung-Semeru, de mas de 11,000 pies de elevacion, siguen cuatro volcanes cuya altura varia segun las medidas ipsométricas, entre 10,000 y 11,000 pies, son estos: el Gunung-Slamat (93) ó montaña de Tegal (10,430 pies); el Gunung-Ardjuno (10,350 pies); el Gunung-Sumbing (10,348 pies), y el Gunung-Lawu (10,065 pies de altura). Hoy es sabido que existen en Java siete volcanes comprendidos entre 9,000 y 10,000 pies; esos resultados son importantes, por cuanto no se suponia en

Digitized by Google

otro tiempo que hubiera en la isla una sola montaña superior á 6,000 pies (94). Entre los cinco grupos de los volcanes americanos hay uno, cuya altura media es inferior á la del grupo de Java. Con efecto, aunque muy cerca de la antigua ciudad de Guatemala, el volcan de Fuego tenga, segun el cálculo y la reduccion de Poggendorff, 12,300 pies, 820 mas que el Gunung-Semeru, lo demás de la cadena volcánica está comprendido entre 5,000 y 7,000 piés, mientras que la de Java varía de 7,000 á 11,000. Por otra parte, no es en el archipiélago de la Sonda, sino en el continente, donde es necesario buscar el volcan mas elevado del Asia; el Klutschewsk, en la península del Kamtschatka, se eleva á 14,790 pies, casi á la altura del Rucu-Pichincha, en la Cordillera de Quito.

La cadena de Java, que contiene mas de 45 volcanes, sigue en su eje principal la direccion del Oeste-Noroeste al Este-Sud-Este, exactamente O. 12° N. (95); es, en la mayor parte de su curso, paralela á la cadena volcánica del oriente de Sumatra, y no al eje longitudinal de Java. Esta direccion general de la cadena volcánica no escluye el fenómeno señalado tambien últimamente en la gran cadena del Himalaya, de que á trechos se encuentran tres ó cuatro vértices separados de los demás, y colocados de tal manera que los ejes secundarios de esas cadenas parciales cortan oblícuamente el eje principal de la gran cadena. Esos accidentes de las fallas, que Hodgson, Hooker y Strachey observaron y representaron en parte, tienen un gran interés (96). A veces, los pequeños ejes de las fallas accesorias se unen á la falla principal bajo un ángulo casi recto y generalmente, aun en las cadenas volcánicas, los máximos de altura son los que están fuera del eje mayor. Como en la mayor parte de las hileras de volcanes, no se observa en Java relacion determinada entre la altura de la montaña y la magnitud del cráter que corona su vértice. Los

Digitized by Google

dos cráteres mayores pertenecen al Gunung-Tengger y al Gunung-Raon. El Gunung-Tengger es una montaña de tercera clase, de 8,165 pies de elevacion solamente; sin embargo, su cráter, de forma circular, tiene un diámetro de mas de 20,000 pies, es decir de una milla geográfica próximamente. La llanura que constituye el suelo del cráter es un mar de arena, cuya superficie está á 1,750 pies por bajo del punto culminante del cerco, y de donde se elevan á trechos masas de lavas escorificadas, á través de una capa de rapilis en polvo. Segun el dato trigonométrico tan exacto del capitan Wilkes y las escelentes observaciones de Dana, el inmenso cráter de Kirauea en la isla de Hawaii, que está lleno de lavas abrasadoras, no llega á las dimensiones del cráter del Gunung-Tengger. En medio de este último se levantan cuatro pequeños conos de erupcion, verdaderos abismos en forma de embudo y rodeados de un cerco, uno solo de los cuales, el Bromo, ha dejado de arrojar llamas. La palabra Bromo que procede del nombre mitológico Brahma tiene, en los diccionarios de la lengua Kawi, el sentido de fuego, que no significa Brahma en sanscrito. El Bromo presenta el notable fenómeno de que, desde 1838 á 1842, se formó en su embudo un lago, que, como ha demostrado Junghuhn, debe su orígen á la influencia de las aguas atmosféricas, calentadas y aciduladas por la filtracion de vapores sulfurosos (97). Despues del cráter del Gunung-Tengger, el mas grande es el Gunung-Raon, que tiene sin embargo un diámetro mitad menor, pero una profundidad que produce el vértigo, que se evalúa en mas de 2,250 piés. No obstante, este notable volcan de 9,550 pies de altura, al cual ascendió y describió minuciosamente Junghuhn (98), no consta en el mapa, escelente por otra parte, de Rafles.

Un fenómeno importante, comun á los volcanes de Java, y á casi todas las cadenas volcánicas, es el de que la simultaneidad de las grandes erupciones se presenta con

Digitized by Google

mas rareza en los conos próximos entre sí que en los que están separados por distancias considerables. En la noche del 11 al 12 de Agosto de 1772, durante la erupcion inflamada del Gunung-Pependajan, de 6,600 pies de altura, la erupcion mas violenta que ha asolado la isla desde los tiempos históricos, otros dos volcanes, el Gunung-Tjerimaï y el Gunung-Slamat, situados en línea recta, á 46 y á 88 millas geográficas del Pependajan, se inflamaron tambien (99). Aunque todos los volcanes de una misma cadena se levantan sobre el mismo foco, es lo cierto que la red de las fallas por donde se comunican entre sí es de tal manera complicada, que la obstruccion de los antiguos canales ó las aberturas temporales que se practican en el curso de los siglos, esplican erupciones simultáneas en puntos muy distantes. Con este motivo recordaré la columna de humo que salia del volcan de Pasto y que desapareció súbitamente en la madrugada del 4 de Febrero de 1797, en el momento en que el espantoso temblor de tierra de Riobamba quebrantó la elevada llanura de Quito, entre el Tunguragua y el Cotopaxi (100).

Atribúyese generalmente á los volcanes javaneses una forma acanalada de la que no he visto ejemplo ni en las islas Canarias, ni en Méjico, ni en las Cordilleras de Quito. El viajero á quien debemos tan preciosas observaciones sobre la estructura de los volcanes de Java, la geografía de las plantas, y sus relaciones termométricas é higrométricas, Junghuhn, ha descrito con tal claridad el carácter distintivo de los volcanes javaneses que el mejor medio para dar impulso á nuevas investigaciones, es sin duda alguna fijarse en el párrafo en que habla de esta configuracion simétrica. «Aunque la superficie del Gunung-Sumbing, de 10,300 pies de altura, dice, no presenta, cuando se ve á alguna distancia, mas que una pendiente no interrumpida y uniformemente inclinada, de mas cerca se observa com-

Digitized by Google

puesta de eminencias longitudinales ó costas estrechas que, al descender, se apartan y alargan mas y mas. Su punto de partida se halla en el vértice del volcan, ó mas generalmente sobre una eminencia colocada á algunos cientos de pies bajo el vértice; desde allí, irradian á todos lados casi como las ballenas de un paraguas.» Algunas veces esas costas longitudinales describen cortas sinuosidades, pero siempre tienen de comun el estar formadas por surcos de 300 á 400 pies de profundidad, unos al lado de los otros, dirigidos en el mismo sentido, y que se alargan á medida que se alejan del vértice. Esos surcos se encuentran en las pendientes de todos los volcanes javaneses; pero, de uno á otro cono, sus profundidades medias varían sensiblemente, como tambien los intervalos que separan los bordes del cráter ó el vértice cerrado del lugar de donde toman nacimiento. El Gunung-Sumbing, de 10,348 pies de altura, es uno de los volcanes que presentan las mas bellas y regulares estrías, lo que depende quizás de que esta montaña fué despojada de sus bosques, y solo está cubierta de una capa de yerbas. Segun las medidas publicadas por Junghuhn, las costas se multiplican y ramifican á medida que disminuye el ángulo de inclinacion del suelo (1). Sobre la zona de 9,000 pies, hay apenas en el Gunung-Sumbing diez surcos; á 8,500 pies hay 32; á 5,500, 72, y á 3,000, mas de 95; al mismo tiempo ha disminuido el ángulo de inclinacion desde 37 á 25 grados y luego á 10° $^1/_2$. Los surcos del Gunung-Tengger, de 8,165 pies de altura, son tambien casi regulares. No sucede lo mismo en el Gunung-Ringgit, á consecuencia de las erupciones formidables que los han colmado y destruido (2). Junghuhn estima que la formacion de esas costas longitudinales ó de los barrancos que las separan, cuyos dibujos ha publicado, se debe á la corrosion de las aguas corrientes.

Esplícase esto, si se piensa que las aguas pluviales son

Digitized by Google

por término medio tres ó cuatro veces mas abundantes en esta comarca tropical que en la zona templada. Las nubes, al abrirse, vierten verdaderos torrentes. Aunque generalmente la humedad disminuye con la altura de las capas atmosféricas, las grandes montañas cónicas ejercen sobre las nubes una traccion particular, y las erupciones volcánicas son, como he observado en otra parte, causas determinantes de tempestades. La formacion de los barrancos y de los valles, descritos frecuentemente por Buch y por mí (3), y cuyo encuentro en los volcanes de las islas Canarias y en las Cordilleras de la América meridional gusta estraordinariamente al viajero, porque le revelan el interior de la montaña y le llevan mas cerca de la cumbre ó hasta el muro de un cráter de levantamiento, tienen analogía con las cavidades que surcan los volcanes de Java; pero aunque en ciertas estaciones sirvan esos barrancos de conductos á las aguas pluviales que se reunen en ellos, no debe atribuirse á la accion de las aguas el orígen primitivo de los Barrancos (4). Las grietas, resultado del plegamiento que se ha verificado en la masa traquítica levantada al estado pastoso, y que no se ha solidificado hasta despues, son, segun toda probabilidad, anteriores á los efectos de corrosion y al choque de las aguas. En todas las regiones volcánicas donde he podido ver Barrancos profundamente hundidos sobre la pendiente de las montañas de forma de cono ó de campana (en las faldas de los cerros barrancosos) no he reconocido señal alguna de irradiacion regular y de las ramificaciones que presentan los relieves singulares de los volcanes de Java, tales como nos los han dado á conocer las obras de Junghuhn (5). La mayor analogía entre esos dos fenómenos consiste en el hecho, señalado por Buch y por el ingenioso observador de los volcanes, Poulett-Scrope, de que las grandes hendiduras siguen casi siempre la direccion normal de las pendientes,

Digitized by Google

irradiando, sin ramificarse, desde el centro de la montaña, y no forman con las vertientes ángulos rectos ni agudos.

La creencia de la carencia completa de corrientes de lava, en la isla de Java, á que parecia inclinarse Buch, segun las observaciones del sabio Reinwardt, ha ido perdiendo terreno en los últimos tiempos (6). Junghuhn indica que el poderoso volcan Gunung-Merapi, en el período histórico de sus erupciones, no ha formado corrientes de lavas contínuas y compactas, arrojando solo restos de lava ó pedazos desprendidos de piedra, aunque en 1837 se hayan visto durante nueve dias seguidos bajar por la noche á lo largo del cono de erupcion fajas de fuego (7). Pero el mismo viajero, tan atento á todos los fenómenos de la Naturaleza, ha descrito claramente y de la manera mas circunstanciada tres corrientes de lava negra, basáltica, en tres volcanes, el Gunung-Tengger, el Gunung-Idgen y el Slamat (8). En el Slamat, la corriente de lava se prolonga, despues de haber ocasionado una caida de agua, hasta los terrenos terciarios (9). Al pintar la erupcion del Gunung-Lamongan, producida el 6 de Julio de 1838 (10), Junghuhn distingue con gran precision las corrientes de lava propiamente dichas, formando masas contínuas, y lo que él llama torrentes de piedras, que consisten en restos inflamados, la mayor parte angulosos, arrojados sin interrupcion por el volcan. «Oíase, dice, el ruido de las piedras que chocaban, y que, semejantes á puntos inflamados, rodaban al fondo á la desfilada ó en revuelta confusion.» Señalo intencionadamente las diferentes apariencias que pueden tomar las masas incandescentes, al rodar por la pendiente de un volcan, porque en las discusiones á que ha dado lugar el máximum del ángulo que forma la caida de la lava, han podido confundirse alguna vez con estas corrientes contínuas masas de escorias que se precipitan unas trás otras y forman con efecto verdaderos torrentes de piedras.

Digitized by Google

Como en estos últimos tiempos, con motivo de los volcanes de Java, se ha suscitado con frecuencia, aunque sin pararse mucho en ella, la cuestion de la rareza y completa carencia de las corrientes de lava, cuestion importante y que afecta á la constitucion interior de los volcanes, creo oportuno tratarla aquí bajo un punto de vista mas general. Aunque, segun toda probabilidad, en un grupo de volcanes ó en una cadena volcánica, todas las montañas tengan ciertas relaciones con el foco universal, es decir, con las masas en fusion que llenan el centro de la Tierra, sin embargo cada una de ellas se distingue de las demás por caractéres físicos y químicos, de donde dependen la fuerza y frecuencia de sus manifestaciones volcánicas, la naturaleza de sus productos, el grado y la forma de su fluidez. Esas particularidades no pueden esplicarse ni por la diferencia de las configuraciones ni por la de las alturas sobre el nivel actual del mar. El colosal Sangay tiene erupciones incesantes, lo mismo que el humilde Stromboli. De dos volcanes, próximos entre sí, el uno arroja pomez sin obsidiana despidiendo el otro estas dos sustancias á la vez; del uno no salen mas que escorias disgregadas, el otro vomita lavas que corren en estrechos torrentes. Gran número de volcanes no han presentado los mismos signos característicos en todas las épocas de su actividad. Tampoco puede atribuirse á un continente mas que á otro la rareza ó la falta de las corrientes de lava. Diferencias sorprendentes se manifiestan ya en ciertos grupos, aunque sea preciso limitarse respecto de ellos á períodos históricos determinados y próximos á nosotros. El hecho de haber desconocido las corrientes de lava depende de muchas circunstancias á la vez. Entre otras causas, proviene de las capas espesas de toba, de rapilis y de pomez que cubren el suelo, de la confluencia de muchas corrientes simultáneas ó sucesivas que forman un vasto campo de lavas ó de conglomerados; por último,

Digitized by Google

de que en una llanura de gran estension han podido desaparecer desde mucho tiempo los pequeños conos de erupcion que componian en algun modo la andamiada volcánica, de donde se escapaba la lava á torrentes como sucede en Lanzarote. Me parece muy probable que, en los estados primordiales por que ha pasado nuestro planeta, cuando sus diferentes partes se enfriaban desigualmente, y su superficie empezaba solo á arrugarse, un derramamiento abundante de rocas traquíticas y doleríticas, de masas de piedras pomez y de perlitas ricas en obsidiana, en el estado pastoso, se ha producido á través de una estensa red de fallas, encima de la cual no ha sido levantado ni construido ningun andamiaje volcánico. El problema de esas emisiones, que salen directamente de las fallas, es digno de fijar la atencion de los geólogos.

En la cadena volcánica de Méjico, el fenómeno mas importante y que ha hecho mas impresion despues de mi viaje á América, es el del levantamiento del volcan de Jorullo y lava que arrojó. La existencia de ese volcan, cuya topografía he sido el primero en dar á conocer, fundada sobre medidas ciertas (11), por su posicion entre los dos volcanes de Toluca y de Colima, y por su aparicion repentina en la gran falla que va del océano Atlántico hasta el mar del Sud, es un hecho de gran interés geognóstico (12), por lo que ha sido objeto de numerosas discusiones. Siguiendo la poderosa corriente de lava arrojada por el Jorullo, llegué á penetrar en el interior del cráter, y á establecer allí mis instrumentos. El levantamiento se produjo durante la noche del 28 al 29 de Setiembre de 1759, en medio de una estensa llanura de la antigua provincia de Michuacan, separada del volcan mas próximo por 30 millas geográficas, y fué precedido de un ruido subterráneo que se dejó oir desde el 29 de Junio, es decir, durante dos meses enteros. Este ruido diferia de los singulares

Digitized by Google

bramidos que se distinguieron en Guanaxato, en el mes de Enero de 1784, y que he descrito en esta obra (13), en que, y este es además el caso mas habitual, iba acompañado de temblores de tierra, que no se sintieron en la ciudad de las ricas minas de plata. El levantamiento del nuevo volcan tuvo lugar á las tres de la mañana, y se anunció la víspera por un fenómeno que ordinariamente indica el fin y no el principio de las erupciones. En el lugar donde se levanta hoy dia el Jorullo, existia en otro tiempo un espeso bosque de guayabos (Psidium pyriferum), muy estimado de los indígenas por la dulzura de sus frutos. Hombres que trabajaban en los cañaverales de la Hacienda de San Pedro Jorullo, propiedad de D. Andrés Pimentel, iban á recoger guayabas; cuando volvian á la granja, se observaba con sorpresa que sus anchos sombreros de paja venian cubiertos de cenizas volcánicas. Habíanse abierto ya hendiduras en lo que se llama hoy el Malpais, probablemente al pie de la alta cúpula de basalto llamada el Cuiche, y habia ya arrojado cenizas ó rapilis antes que nada hubiera cambiado en la llanura. Resulta de una carta escrita tres semanas antes del principio de la erupcion por el Padre Joaquin de Ansogorri, y encontrada en los archivos episcopales de Valladolid, que el Padre Isidro Molina, enviado por el colegio de los Jesuitas establecido en Patzcuaro, para prestar consuelos espirituales á los habitantes de las Playas de Jorullo, á quienes causaban un vivo terror los ruidos y quebrantamientos subterráneos, fué el primero en reconocer lo inminente del peligro, y salvó, dando aviso de él, á toda esta pequeña poblacion.

En las primeras horas de la noche, la ceniza negra formaba ya una capa de un pie de elevacion. Todo el mundo se refugió en las alturas de Aguasarco, pequeño pueblo indio, situado á 2,160 pies sobre la meseta del Jorullo. Desde allí, vióse, tal es al menos la tradicion, una gran estension del

Digitized by Google

pais, presa de espantosa erupcion de llamas, y aparecer en medio de ellas, como un castillo negro, un cerro inmenso y sin forma (bulto grande), segun la espresion de testigos oculares. En esta época, en que el añil y el algodon eran cultivados en pequeña escala, la comarca apenas estaba poblada; asi es que no hubo ningun hombre muerto, á pesar de la violencia y duracion del temblor de tierra, mientras que cerca de las minas de cobre de Inguaran, en la pequeña ciudad de Patzcuarro, en Santiago de Ario, y muchas millas aun mas lejos, pero no tanto sin embargo como San Pedro Churumuco, derruyéronse algunas casas, segun he visto en Relaciones manuscritas (14). Al huir precipitadamente en medio de la oscuridad, los habitantes de la *Hacienda de Jorullo* olvidáronse de un esclavo sordo-mudo. Un mestizo tuvo la humanidad de volver, y pudo salvarle antes que se desplomase la habitacion. Todavía se cuenta hoy que se halló á este hombre, con un cirio bendito en la mano, arrodillado delante de la imágen de *Nuestra Señora de Guadalupe*.

Segun una tradicion muy estendida entre los indígenas, y que no ha sido negada por nadie, á los grandes pedazos de roca, á las escorias, á la arena y á las cenizas arrojadas por el aire, iba unida constantemente durante los primeros dias, una emision de agua cenagosa. En la curiosa Relacion del 19 de Octubre de 1759, que he citado antes, y cuyo autor describia, con un conocimiento exacto de los lugares, el acontecimiento que acababa de verificarse, se dice espresamente, que *espele el dicho volcan, arena, ceniza y agua*. Segun otra Relacion, que el Intendente de la Provincia, coronel Riaño, y un aleman al servicio de España, el Comisario de Minas Franz Fischer, publicaron el 10 de Marzo de 1789, sobre el estado del volcan de Jorullo, todos los testigos oculares contaban que *antes de reventar y aparecerse este terrible Cerro*, las sacudidas y ruidos sub-

Digitized by Google

terráneos eran mas frecuentes, y que el dia mismo en que se produjo el gran fenómeno, *se observó que el plan de la Tierra se levantaba perpendicularmente*. Toda la llanura se hinchó y formó vejigas, de las cuales la mayor es hoy el Cerro del Volcan. Esas ampollas, de diferentes dimensiones y en general de una forma cónica bastante regular, reventaron despues, y arrojaron tierras hervidas y calientes y piedras cocidas y fundidas, que todavía se encuentran á inmensas distancias, cubiertas de masas de piedras negras.

Estos detalles históricos, poco completos, concuerdan perfectamente con los recogidos por mí de boca de los indígenas, catorce años despues de la ascension de Antonio de Riaño. Las investigaciones que hice para saber si se habia visto la montaña en forma de fortaleza, hacerse mayor de mes en mes ó de año en año, ó si habia aparecido desde los primeros dias en toda su altura, no tuvieron éxito. La asercion de Riaño de que las erupciones se habian renovado durante diez y seis ó diez y siete años por lo tanto hasta 1776, ha sido desmentida. Las pequeñas eyecciones de agua y de cieno que, en los primeros dias, se observaron simultáneamente con las escorias inflamadas, deben atribuirse, segun la tradicion, al agotamiento de los dos arroyos que, brotando sobre la vertiente occidental de la montaña de Santa Inés, al Este del Cerro de Cuiche, regaban abundantemente los cañaverales de la antigua *Hacienda de San Pedro* de Jorullo, y, continuando su curso al Oeste, corrian hasta la *Hacienda de la Presentacion*. Enséñase todavía, cerca de su fuente, el punto en que sus aguas frias, entonces, desaparecieron en una hendidura, en el momento en que se levantó el lado oriental del Malpais. Despues de haber corrido por debajo de los Hornos ú hornitos, vuelven á aparecer en el estado de fuentes termales; esta es al menos la opinion de los habitantes. Como en este lugar el Malpais está cortado casi á pico, los arroyos forman dos

Digitized by Google

caidas de agua que he visto y dibujado. Los dos han conservado su antiguo nombre de Rio de San Pedro y de Rio de Cuitimba. En este punto he encontrado que la temperatura de las aguas humeantes era de 52°,7. Al calentarse en su largo curso, no contrajeron sabor ácido y no hicieron esperimentar alteracion á los papeles reactivos que acostumbraba á llevar conmigo; pero mas lejos, cerca de la Hacienda de la Presentacion, frente á la Sierra de las Canoas, una fuente saturada de gas hidrógeno sulfurado forma un estanque de veinte pies de ancho.

Para representar con claridad el relieve complicado del suelo que ha sido teatro de levantamientos tan notables, preciso es distinguir, por la altura y configuracion: 1.° la situacion del sistema volcánico del Jorullo, relativamente á la elevacion media de la meseta mejicana; 2.° la convexidad del Malpais, cubierto de millares de Hornitos; 3.° las fallas sobre las cuales se han levantado seis grandes montañas volcánicas.

En la pendiente occidental de la cadena central de Méjico, la llanura de las *Playas de Jorullo* de 2,400 pies de elevacion solamente sobre el nivel del Océano Pacífico, forma uno de esos asientos horizontales que en las Cordilleras, interrumpen por do quiera la inclinacion de la pendiente y hacen mas ó menos lento el descenso de la temperatura en las capas superpuestas de la atmósfera. Si desde la meseta central de Méjico, es decir de una altura media de 7,000 pies, descendemos hácia los campos de arroz de Valladolid de Michuacan, hácia el gracioso lago de Patzcuaro, y á las praderas de Santiago de Ario, donde hallamos Bonpland y yo, hermosas plantas del género de las Georginas (Dahlia Cav.) que han estado tan en voga despues, solo se han bajado 900 ó 1,000 pies; pero partiendo de Ario, construida sobre una pendiente escarpada, y pasando por Aguasarco, es necesario, para volverse á hallar á la altura de la

Digitized by Google

antigua llanura de Jorullo, descender 3,600 ó 4,000 pies, repartidos en una distancia muy pequeña (15). La especie de circunferencia que rodea la parte de la llanura que hizo convexa el levantamiento tiene próximamente 12,000 pies de diámetro; lo cual dá, para la superficie, mas del tercio de una milla geográfica cuadrada. El volcan del Jorullo y las otras cinco montañas mas que han surgido al propio tiempo y en la misma falla están situados de tal modo que solo tienen al Este una pequeña parte del Malpais. Asi el número de los Hornitos es mucho mas considerable al Oeste; y cuando por la mañana temprano salia de la casa india en que pasaba la noche, ó cuando subia al *Cerro del Mirador*, veia destacarse el volcan negro de un modo muy pintoresco sobre innumerables columnas de humo blanco que se elevaban de los Hornitos. Las habitaciones de las Playas, como el cono basáltico del Mirador, están situadas al nivel del antiguo suelo no volcánico, ó, para hablar con mas circunspeccion, de la parte no levantada del suelo. La hermosa vegetacion de esta llanura, cubierta de innumerables sálvias, que crecen á la sombra de una nueva especie de palmera de forma de abanico (Corypha pumos) y del Alnus jorullensis, contrasta con el estéril y desolado aspecto del Malpais. La comparacion de los barómetros, en el sitio en que empieza la hinchazon de las Playas y en otro punto que se tome al pie del volcan, dá una diferencia de 444 pies de altura vertical (16). La casa que habitábamos estaba á 500 toesas nada mas del borde del Malpais. Habia allí un pequeño declivio vertical de 12 pies escasos de altura, de donde caen en forma de cascada las aguas abrasadoras del Rio de San Pedro. La estructura interior del suelo, segun lo que pude reconocer desde dicho declivio estaba compuesta de capas horizontales de arcilla negra, mezcladas de arena ó rapilis. En otros puntos que no he visto, situados en el sitio donde el suelo hinchado se

Digitized by Google

alza perpendicularmente sobre el que no lo está, y presenta grandes dificultades para la ascension, Burkart observó un basalto grís claro, poco compacto y descompuesto, que contenia muchos granos de olivina (17). Este hábil observador adoptó tambien como yo, en el sitio mismo, la hipótesis de una hinchazon del suelo producida por los vapores elásticos (18), opinion contraria á la de célebres geognostas, que consideran únicamente la convexidad cuya medida he dado como consecuencia de una corriente de lava, que es mas espesa al pie del volcan (19).

Miles de pequeños conos de erupcion, diseminados con bastante regularidad por la superficie del Malpais, y que semejan á hornos de panaderos, unos mas redondeados, mas alargados otros, tienen, por término medio, una altura de 4 á 9 pies. Casi todos están situados al Oeste del gran volcan; cosa que no tiene nada de estraña, puesto que la region oriental, al lado del Cerro de Quiche, es apenas la vigésima quinta parte del espacio levantado en las Playas. Cada uno de esos innumerables Hornitos está formado de esferas basálticas descompuestas, de donde se destacan escamas concéntricas. Generalmente he podido contar 24 y hasta 28 de dichas escamas. Los globos son algo aplanados á modo de esforoides. En su mayor parte cuentan de 15 á 18 pulgadas de diámetro; hay algunos, sin embargo, cuyo diámetro es de solo un pie, y otros que tienen tres. La masa negra basáltica se ve atravesada por vapores calientes y reducida á tierra; el núcleo sin embargo es mas denso, y cuando se separan las escamas obsérvanse manchas amarillas de hierro oxidado. La arcilla blanda que contienen las esferas basálticas está dividida de una manera muy particular en láminas encorvadas, que se aperciben á través de todos los intersticios de las esferas. A primera vista, dudé de si el conjunto presentaba en vez de esferas basálticas, con algunos granos de olivina, masas en via de formacion aunque interrumpidas en

Digitized by Google

medio de este trabajo. Esta hipótesis está rebatida por la analogía de colinas ordinariamente muy pequeñas y realmente formadas de esferas basálticas, mezcladas de capas de arcilla y de marga, que se encuentran amenudo en Bohemia en los Mittelgebirge, donde á veces están aisladas, y coronando á veces las dos estremidades de grandes faldas de montañas basálticas. Algunos Hornitos se hallan de tal manera descompuestos, y contienen cavernas tan considerables que generalmente las caballerias se hunden á bastante profundidad, cuando se las obliga á poner las manos sobre los menos elevados.

En la masa basáltica de los Hornitos, no he encontrado escorias ni fragmentos de rocas antiguas y rotas, como en las lavas del Jorullo. Lo que justifica sobre todo la denominacion de *Hornos* ú *Hornitos,* es la circunstancia de que en todos ellos las columnas de humo no salen del vértice, sino de aberturas laterales; esto sucedia al menos en la época en que visité las Playas del Jorullo, donde consigné mis observaciones en mi Diario el 18 de Setiembre de 1803. En 1780, podíase aun encender cigarros, atándolos al estremo de un palo, y con solo hundirlos 2 ó 3 pulgadas; en algunos sitios, tan caliente era el aire por la proximidad de los Hornitos, que habia necesidad de dar algunos rodeos para venir al punto á que se queria llegar. A pesar del enfriamiento que, segun el testimonio de los Indios, ha esperimentado la comarca hace veinte años, he encontrado las mas veces en las hendiduras de los Hornitos 93 y 95 grados centígrados. A 20 pies de algunas de esas eminencias, en sitio donde ningun vapor podia alcanzarme, el aire circundante era aun de 42°,5 y 46°,8, mientras que la verdadera temperatura de las Playas tocaba escasamente en los 25°. Los vapores, debilmente impregnados de ácido sulfúrico, despojaban de sus colores á las fajas de papel reactivo, y algunas horas despues de amanecer, se ele-

Digitized by Google

vaban hasta 60 pies de altura. En las primeras horas de la mañana es el aspecto de las columnas de vapor mas notable. Hácia el medio dia, y aun á las once, han perdido mucho de su elevacion, y no son visibles sino á muy pequeña distancia. En el interior de muchos Hornitos, oimos cierto ruido que parecia producido por una caida de agua. Estos pequeños hornos basálticos son, como ya he indicado, construcciones fáciles de destruir. Cuando Burkart visitó el Malpais, veinticuatro años despues que yo, ninguno de ellos exhalaba humo ya; la mayor parte tenian por temperatura la del aire circundante; muchos tambien habian perdido su forma, á consecuencia de las lluvias y de las influencias meteóricas. Cerca del volcan principal, Burkart halló pequeños conos compuestos de conglomerados de un rojo oscuro, á su vez formados de fragmentos de lava redondos ó angulosos, y muy poco coherentes. En medio de la llanura levantada y cubierta de Hornitos, vénse todavía restos de la antigua eminencia en que se apoyaban las casas de la granja de San Pedro. Esta colina, ya señalada en mi mapa, constituye una cima en direccion de Este á Oeste. Sorprende que aun subsista al pié del volcan; solo una parte está cubierta de arena compacta de rapilis calcinados. Una roca aguda de basalto, que contiene viejos troncos de Ficus índica y de Psidium, debe considerarse sin género de duda como anterior á la catástrofe, lo mismo que la del Cerro del Mirador, y las que se destacan de las altas masas de montañas cuya redondeada línea limita la llanura por el Este.

Réstame describir la poderosa falla cuyo eje general sigue la direccion del Sud-Sud-Oeste al Nor-Nord-Este, y sobre la cual se levanta la hilera de los seis volcanes. La direccion parcial de los tres primeros, menos elevados y mas próximos al Sud, es de Sud-Oeste á Nord-Este; los tres últimos casi van de Sud á Norte. Así que la falla, en su desar-

Digitized by Google

rollo total de 1,700 toesas, ha esperimentado una inflexion que modifica ligeramente su eje. Esta cadena, en donde los volcanés se siguen sin tocarse, corta casi en ángulo recto la línea sobre la cual, como ya he indicado, se suceden los volcanes mejicanos de un mar á otro. Semejantes divergencias sorprenden menos, cuando se piensa que no debe confundirse un gran fenómeno geognóstico, tal como la direccion de las masas principales á través de un continente, con las circunstancias locales de la orientacion en el interior de un grupo aislado. La larga cima del volcan de Pichincha no sigue tampoco igual direccion que la cadena volcánica de Quito; y he indicado ya el hecho, de que en las cadenas no volcánicas, por ejemplo en el Himalaya, los puntos culminantes están frecuentemente alejados de la línea general de levantamiento. En este caso están colocados en cimas nevadas separadas unas de otras, y que forman con dicha línea un ángulo casi recto.

De las seis colinas volcánicas, levantadas sobre la falla cuya forma acabo de describir, las tres primeras, es decir, las mas meridionales, entre las cuales pasa el camino que conduce á las minas de cobre de Inguaran, son, en su estado actual, las menos interesantes. Se han cerrado, y enteramente cubierto de arena volcánica de un blanco gris, que no es pomez, puesto que no he visto en esta comarca ni pomez ni obsidiana. La capa de ceniza blanca parece ser la última que ha cubierto el Jorullo, como Buch y Monticelli afirman respecto del Vesubio. La cuarta montaña, situada mas al Norte es el grande, el verdadero Jorullo, á cuyo vértice apenas pudimos llegar, Bonpland, Cárlos Montufar y yo, el 19 de Setiembre de 1803, aunque esté solamente á 667 toesas sobre el Malpais, contando á partir del pié mismo de la montaña, 263 toesas sobre el antiguo suelo de las Playas. Supusimos que el medio mas seguro para subir al cráter, lleno todavía en aquella época de

Digitized by Google

vapores cálidos sulfurosos, era el de trepar por la escarpada de la poderosa corriente de lava, que sale del vértice mismo de la montaña. Pisábamos sobre una lava arrugada, escorificada, que producia un sonido claro, y presentaba, en las partes hinchadas, el aspecto del coke, ó mas bien de coliflores. Algunos trozos tenian un brillo metálico; otras semejaban al basalto, y estaban llenos de pequeños granos de olivina. Cuando llegamos á la meseta superior de la corriente, á 667 pies de altura vertical, nos dirigimos hácia el cono de cenizas blancas, cuya escarpada pendiente, ocasionaba frecuentes y rápidas caidas que producian dolorosas heridas en las asperezas de las lavas. Habíamos dispuesto nuestros instrumentos en la parte Sud-Oeste del borde superior del cráter, que forma un recinto circular de algunos pies de ancho, y desde allí llevamos el barómetro al cráter oval del cono truncado. Una abertura daba salida al aire á 93°,7. Estábamos entonces directamente debajo del borde del cráter, 140 pies, y probablemente no nos quedaba apenas camino que recorrer para tocar en el punto mas profundo del abismo, al cual no llegamos por impedirlo un vapor sulfuroso muy denso. Nuestro hallazgo geológico mas interesante fué el de pedazos de rocas blancas, claramente terminadas y ricas en feldespato, de tres á cuatro pulgadas de diámetro, que descubrimos entre la lava negra basáltica. En un principio tuve esta roca por sienita (20), pero despues del detenido exámen hecho por Rose de un fragmento que yo traje, parecia pertenecer mas bien á la formacion granítica que el Consejero de las Minas Burkart vió tambien combinada con la sienita del Rio de las Balsas. «La sustancia contenida en la lava, dice Rose, es una mezcla de cuarzo y feldespato. Las manchas, de un verde negro, parecen ser no anfíbol, sino mica, fundida con algunas porciones de feldespato. Los fragmentos blancos incrustados en esta pasta fueron resquebrajados por el

Digitized by Google

calor volcánico y, al abrirse, unieron los dos estremos fibras blancas dentadas y fundidas.»

Mas al Norte que el gran volcan de Jorullo y la montaña de lava escorificada que arrojó en direccion del antiguo basalto del Cerro del Mortero, se encuentran las dos últimas colinas producidas por el mismo levantamiento. Estas colinas fueron en un principio muy activas, porque el pueblo designa aun á la mas distante con el nombre de *el Volcancito*. Una grieta ancha, abierta por el lado del Oeste, muestra las huellas de un cráter destruido. El gran volcan parece, como el Epómeo de Isquia, no haber arrojado mas que una sola corriente considerable de lava; cuando menos no está probado históricamente que esta propiedad de arrojar lavas se haya conservado mas allá de la primera erupcion, porque la carta del padre Joaquin de Ansogorri, escrita veinte dias apenas despues del acontecimiento y descubierta por una casualidad de la que por desgracia pocos han podido aprovecharse, habla casi esclusivamente de las medidas que habia que tomar para asegurar á las personas que se dispersaron antes de la catástrofe, los cuidados espirituales que reclaman. Carecemos de detalles respecto de los treinta años siguientes. De los fuegos que una tradicion general representa como cubriendo una gran estension del país, puede deducirse que las seis colinas y aun una parte del Malpais, de donde salieron los Hornitos se habian inflamado simultáneamente. La elevada temperatura del ambiente, que aun pude comprobar, permite suponer lo que debia ser cuarenta y tres años antes. Segun esto, puede formarse una idea del estado primordial de nuestro planeta, durante el cual la temperatura de la atmósfera, y por consiguiente la distribucion de la vida orgánica, pudieron ser modificadas por la influencia del calor interno, en comunicacion con el aire esterior á través de fallas profundas.

Digitized by Google

Despues de haber descrito los Hornitos que rodean el volcan de Jorullo, hánse comparado con esas pequeñas eminencias, semejantes á hornos, muchas andamiadas análogas que existen en diferentes comarcas. Las de Méjico, á juzgar por su composicion interior, me parecen un fenómeno aislado hasta el dia, y que solo presenta con los demás relaciones de contraste. Si se da el nombre de conos de erupcion á todas las eminencias de donde salen vapores, este nombre pertenece seguramente á los Hornitos, que son verdaderas formaciones subterráneas de gases. Pero la denominacion de conos de erupcion tendria el inconveniente de hacer suponer la presencia de indicios que probasen que los Hornitos han arrojado escorias ó vertido lavas, como muchos conos de erupcion. Todo lo contrario sucede en el Asia Menor, recordando el fenómeno mas importante de los tres abismos situados sobre el antiguo límite de la Mysia y de la Frigia, en el país del fuego (καταικαυμένην), en donde la permanencia, segun Strabon, era muy peligrosa por los temblores de tierra. Esos abismos, llamados φύσαι (fuelles) por el geógrafo, han sido hallados nuevamente por el sabio viajero Hamilton (21). Del mismo modo, los conos de erupcion de la isla Lanzarote, cerca de Tinguaton, los de la baja Italia, ó los que se levantan escasamente á 20 pies de altura sobre la pendiente del gran volcan del Kamtschatka, el Awatscha (22), que visitó en el mes de Julio de 1824 mi amigo y compañero de viaje á la Siberia, Hoffmann, están formados de escórias y cenizas que han cerrado el pequeño cráter por donde salian. Ahora bien, nada hay en los Hornitos que se parezca á un cráter. Su carácter distintivo es el de ofrecer únicamente esferas basálticas de donde se desprenden escamas, sin mezcla de escórias angulosas y disgregadas. Cuando la potente erupcion de 1794, se produjeron al pie del Vesubio pequeños conos de erupcion (bocche nuove), como

Digitized by Google

habia sucedido en épocas anteriores. Esos conos parásitos de erupcion (así se los ha llamado) alineados en número de ocho en una falla longitudinal, lanzaban llamas, circunstancia que basta para separarlos completamente de los Hornitos del Jorullo. «Los Hornitos, me escribia Buch, no son conos formados por el amontonamiento de materias eruptivas; han sido levantados inmediatamente del centro de la Tierra.» El nacimiento del mismo volcan de Jorullo ha sido comparado por este gran geólogo con el del Monte Nuovo, en los campos Flegráneos. De todas las hipótesis á que han podido dar lugar las seis montañas volcánicas, la del levantamiento sobre una falla longitudinal, ha sido adoptada como mas verosímil por el coronel Riaño y el Comisario de Minas Fischer, en 1789, por mí en 1803, cuando pude examinar los lugares, y por Burkart en 1827. Idénticas cuestiones se reprodujeron con motivo de las dos montañas que surgieron en 1538 y en 1759. Respecto del Monte Nuovo de la Italia Meridional, los testimonios de Falconi, de Pietro Giacomo di Toledo, de Francisco del Nero y de Porzio tienen la ventaja de ser mas circunstanciados, de estar mas próximos al acontecimiento y de proceder de observadores mas instruidos. El célebre Porzio, el mas competente de todos, se espresa como sigue: «Magnus terræ tractus, qui inter radices montis quem barbarum incolæ appellant, et mare juxta Avernum jacet, sese erigere videbatur et montis subito nascentis figuram imitari. Iste terræ cumulus aperto veluti ore magnos ignes evomuit, pumicesque et lapides cineresque (23).»

Del volcan de Jorullo, cuya completa descripcion he dado, paso á las regiones orientales del Méjico central, llamado antiguamente Anahuac. Segun las últimas é interesantes investigaciones de Pieschel, que no pasan mas allá del mes de Marzo de 1854 (24), y cuyos resultados están conformes con las conclusiones de Saussure, el pico

Digitized by Google

de Orizaba ha arrojado corrientes de lavas que no pueden desconocerse, y cuya base es esencialmente basáltica. La roca del pico de Orizaba, como la del gran volcan de Toluca (25), cuya ascension he hecho, se compone de anfibol, oligoclase y algo de obsidiana, mientras que la masa constitutiva del Popocatepetl, lo mismo que la del Chimborazo, está formada de cristales muy pequeños de oligoclase y de augita. Al pie de la vertiente oriental del Popocatepelt, al Oeste de la ciudad *la Puebla de los Angeles,* en el Llano de Tetimpa, en donde he medido una base trigonométrica para determinar las alturas de los dos grandes Nevados que costean el valle de Méjico, el Popocatepetl y el Iztaccihuatl, encontré, á 7,000 pies sobre el mar, un campo estenso de lavas cuyo orígen es dificil de esplicar. A una altura de 60 á 80 pies sobre la llanura limítrofe, se dirije de Este á Oeste, y corta por consiguiente al volcan en ángulo recto. Llámasele el *Malpais* del Atlachayacatl; el Atlachayacatl, es una cúpula de traquito poco elevada, sobre cuya vertiente brota el Rio Atlaco. Desde el pueblo indio *San Nicolás de los Ranchos*, hasta *San Buenaventura*, he calculado que la longitud del Malpais es casi de 18,000 pies, y su anchura de 6,000. Trozos de lava negra, puestos en pie á veces, y sembrados á trechos de algunos líquenes secos, presentan un aspecto horriblemente salvaje, y contrastan con la pomez, de un blanco pajizo, que lo cubre todo en un radio considerable. Esta pomez está compuesta de fragmentos de fibras espesas, de tres á cuatro pulgadas de diámetro, en medio de los cuales hay á veces cristales de anfibol. La gruesa arena que produce no se parece á la arena de grano muy fino que, cuando rueda por las escarpadas pendientes de la montaña, hace tan peligrosa la ascension del Popocatepetl, cerca de la Roca *el Frayle* y del límite de las nieves perpétuas, y amenaza arrastrarlo todo bajo su activa masa. No puedo decidir si ese campo de lavas escoriáceas, que los

Digitized by Google

Españoles denominan *Malpais*, y cuyos análogos llevan en Sicilia el nombre de *Sciarra viva*, en Islandia el de *Odoada-Hraun*, se debe á la superposicion de las antiguas erupciones laterales del Popocatepetl, ó si procede del cono algo truncado de Tetljiolo, llamado por los Españoles *Cerro del Corazon de Piedra*. Un hecho interesante para la Geognosia es el de que, mas hácia el Este, en el camino de la pequeña fortaleza de Perote, el antiguo Pinahuizapan de los Aztecas, se levanta, entre *Ojo de Agua, Venta de Soto* y *el Portachuelo*, la formacion volcánica de perlita blanco, de fibras gruesas y deleznables (26), que se acerca á un calcáreo probablemente terciario (Marmol de la Puebla). Este perlita es muy semejante al que constituye la colina cónica de Zinapecuaro, entre Méjico y Valladolid, y contiene en su pasta, ademas de las pequeñas ojas de mica y de los pedazos de obsidiana, fajas vítreas de un gris azulado, algunas veces rojo, que tienen la apariencia del jaspe. Este gran depósito de perlita esta aquí cubierto por una arena fina, formada por él mismo al descomponerse, y que á primera vista se tomaria por arena de granito. A pesar de su analogía de orígen con la verdadera arena de pomez, de un blanco que tira al gris, la arena de perlita se distingue sin embargo de esta sin dificultad. La arena de pomez pertenece mas bien que á la comarca mas próxima de Perote, á la meseta de 7,000 pies de altura, que se estiende entre las dos cadenas volcánicas meridianas del Popocatepetl, y del Orizaba.

Cuando empieza á bajarse de las alturas de Vigas, formadas de un pórfiro traquítico sin cuarzo, hácia Canoas y Jalapa, en el camino de Méjico á Veracruz, se atraviesan otros dos campos de lava escorificada: el primero, situado entre la estacion *Parage de Canos* y Canoas ó Tochtlacuaya, toma el nombre de *Loma de Tablas*, en razon á los numerosos pedazos de lava basáltica y rica en olivina, que-

Digitized by Google

están levantados como tablas; el segundo, mucho mas grande, que se estiende entre Canoas y la estacion *Casas de la Haya*, lleva simplemente la denominacion de *el Malpais*. Una pequeña cumbre de este mismo pórfiro traquítico, lleno de feldespato vítreo, que sirve de límite al Este, cerca de la Cruz Blanca y del Rio Frio, en la pendiente occidental de las alturas de Las Vigas, á los campos de perlita arenosa, denominados el *Arenal*, separa la Loma de Tablas y el Malpais. Aquellos habitantes del campo que conocen bien la region afirman que esta faja de escorias se prolonga hacia el Sud-Sud-Oeste, es decir, en la direccion del *Cofre de Perote*. Como yo he ascendido al Cofre de Perote y he tomado en él gran número de medidas (27), no me inclino á deducir de la prolongacion, muy probable por otra parte, de la corriente de lava, porque asi es como he representado este fenómeno en mis perfiles números 9 y 11, y en mi *Nivelacion barométrica*, que haya salido de esta montaña tan singularmente configurada. El Cofre de Perote, que escede en 1,300 pies al pico de Tenerife, pero que es tan insignificante como éste, comparado con los colosos del Popocatepetl y del Orizaba, forma, como el Pichincha, una larga cima de rocas, en cuya estremidad meridional se levanta la pequeña roca cúbica llamada la Peña, cuyo aspecto ha dado lugar á la antigua denominacion azteca Nauhcampatepetl. Cuando subí al Cofre de Perote, no encontré señal alguna de cráter hundido, ni de bocas eruptivas laterales: tampoco vi masas escorificadas, ni obsidiana, perlita ó pomez que pertenecieran á la montaña. La roca, de un gris negro, está compuesta uniformemente de gran cantidad de anfibol, y de una especie de feldespato. que no es el feldespato vítreo conocido con el nombre de Sanidina, sino oligoclase. Esos caracteres corresponden á toda la roca que no es porosa como un traquito diorítico. Describo las impresiones que he sentido, y me detengo de

Digitized by Google

intento en el Malpais, con el fin de combatir la opinion escesivamente esclusiva, segun la cual, todas las manifestaciones de la fuerza volcánica salen del centro de la Tierra. Es fácil que este negro y estenso campo de escombros no haya surgido de una abertura lateral del Cofre de Perote, y que sin embargo haya sido formado con motivo del levantamiento de esta montaña, de 12,714 pies de altura. Puede suceder tambien que en un levantamiento asi, el plegamiento del suelo produjera, en una gran estension, fallas longitudinales y redes de fallas de donde salieran directamente materias en fusion, ya en masas compactas, ya en lavas escorificadas, sin que se formaran andamiadas de montañas, es decir, conos abiertos ó cráteres de levantamiento. No se buscan en vano, en las cadenas de montañas de basalto y de porfiro esquistoso, puntos centrales ó montañas de cráteres, ó bien aberturas mas bajas, circulares y rodeadas de cerco, á que atribuir la aparicion de ese doble fenómeno. Es de gran provecho para la Ciencia el distinguir cuidadosamente las diferencias de orígen entre los hechos naturales, á saber: la formacion de las montañas cónicas, provistas, en el vértice, de un cráter que no se ha cerrado y de aberturas laterales; la de los cráteres de levantamiento y de esplosion rodeados de murallas; el levantamiento de las montañas cerradas en figura de campana ó de los conos abiertos; por último el derramamiento directo de las sustancias á través de un sistema de fallas que las acompañen. La diversidad de los cálculos á que da lugar un horizonte mas ancho, abierto á la observacion, es estimulante enérgico que provoca comparacion severa entre la realidad de los hechos y la hipótesis de donde se ha partido: todos estos fenómenos tienen un solo y mismo orígen. En el mismo suelo de la Europa, en la isla Eubea, rica en fuentes termales, ha salido una poderosa corriente de lava, de una hendidura única, por medio de la gran lla-

Digitized by Google

nura de Lelantus, á distancia de toda montaña; esto ocurrió en los tiempos históricos (28).

En el grupo volcánico de la América central, que sigue inmediatamente, hácia el Sud, al grupo Mejicano, y contiene diez y ocho campanas ó conos, que pueden considerarse como inflamados, las cuatro del Nindiri, el Nuevo, Conseguina y San Miguel de Bosotlan, han arrojado lavas (29). Las montañas del tercer grupo volcánico, el de Popayan y de Quito, están reputadas hace mas de un siglo como incapaces de producir corrientes de lava, sino únicamente masas de escorias ígneas y disgregadas, saliendo todas del cráter colocado en el vértice de la montaña y rodando con frecuencia en largas fajas. Esta era ya la opinion de La Condamine, cuando abandonó, en la primavera de 1743, la meseta de Quito y de Cuenca (30). Catorce años despues, el 4 de Junio de 1755, tuvo ocasion, al volver de una ascension al Vesubio, á donde habia acompañado á la hermana del gran Federico, la Margrave de Baireuth, de espresarse de un modo muy elocuente, en la Academia, acerca de la falta de *lavas corrientes por torrentes de materias liquefactadas*, en los volcanes de Quito. El *Diario de un viaje á Italia*, que leyó algun tiempo despues, el 20 de abril de 1757, no se insertó en las Memorias de la Academia de ciencias, hasta 1762. Este Diario tiene alguna importancia para la historia del conocimiento de los volcanes apagados en Francia, porque, ignorando todavía las aserciones anteriores de Guettard, La Condamine, con su habitual penetracion, asegura formalmente la existencia de cráteres-lagos y volcanes apagados en la Francia Meridional, como en las regions centrales y setentrionales de Italia (31).

Despues de haber reconocido desde luego y de una manera incontestable la presencia de estrechas corrientes de lava en Auvernia, se ha negado obstinadamente que las hu-

Digitized by Google

biera en las Cordilleras. Durante toda nuestra espedicion me preocupó sériamente este singular contraste. Mis Diarios están llenos de consideraciones acerca de este problema, cuya solucion he buscado en la altura absoluta de los vértices y en la fuerza de la circunvalacion, es decir, en el hundimiento de conos traquíticos en medio de grandes mesetas de 8 á 9,000 pies de altura. Pero sabemos hoy que uno de los volcanes de Quito, que arroja escorias, el Sangay ó volcan de Macas, de mas de 16,000, pies de altura, despliega constantemente una actividad mucho mayor que los volcanes tan poco elevados el de Izalco y Stromboli. Conocemos que, entre los volcanes de la Cordillera oriental, las montañas, en forma de cúpula y de campana, de Antisana y de Sangay, tienen pendientes libres del lado de la llanura del Napo y del Pastaza, y que entre los volcanes de la Cordillera occidental, el Pichincha, el Ilinisa y el Chimborazo, presentan la misma particularidad, del lado de los afluentes del Océano Pacífico. En muchas de esas montañas, la parte superior se eleva tambien á 8 ó 9,000 pies sobre la meseta sin estar rodeada de cercos. Por último, puede añadirse que todas las alturas, calculadas á partir de la superficie del mar, superficie estimada algo arbitrariamente como representando la altura media de la corteza terrestre, son insignificantes en comparacion de la profundidad á que es preciso suponer el asiento de la actividad volcánica y la temperatura necesaria para la fusion de las masas roquizas.

Los únicos fenómenos semejantes, aunque en menores dimensiones, á las corrientes de lava que hallé en las Cordilleras de Quito, son los que presenta la masa colosal del Antisana, cuya altura de 17952 pies ó 5,833 metros me han dado las medidas trigonométricas. Como para el asunto que nos ocupa, la forma es la que suministra el criterio mas importante, separaré desde luego la denominacion de lava,

Digitized by Google

que tiene el inconveniente de ser muy sistemática y de suponer un orígen muy especial, y emplearé preferentemente la espresion puramente objetiva de *rastros* de *masas volcánicas*. La poderosa montaña del Antisana presenta, á la altura de 12,625 pies, una estensa llanura casi ovalada, que tiene en su mayor dimension, mas de 12,300 pies, de donde se levanta como una isla, la parte del volcan cubierta de nieves perpetuas. La cima es redonda en forma de cúpula; esta cúpula está unida por una cumbre de montaña corta y dentada á un cono truncado que mira al Norte. La llanura, en parte estéril y arenosa, en parte cubierta de yerbas, está poblada por una raza de toros muy valientes que, en razon á la débil presion atmosférica, echan con frecuencia sangre por boca y narices, cuando se ven obligados á grandes esfuerzos musculares. En medio está situada una pequeña Hacienda, compuesta de una casa aislada, en la cual pasamos cuatro dias, á una temperatura de 3°,7 á 9° centígrados. La llanura que no está, como los cráteres de levantamiento, rodeada de cerco alguno, tiene señales que acreditan que sirvió en otro tiempo de lecho á un lago. La *Laguna Mica*; colocada al Oeste de los *Altos de la Moya*, es el testimonio que queda del agua que cubrió esos lugares. En el límite de las nieves perpetuas, brotó el Rio Tinajillas, que llegó á ser mas tarde, bajo el nombre del Rio de Quixos, un afluente del Maspa, del Napo y finalmente del rio de las Amazonas. Dos cercos de piedra, formados por estrechas eminencias semejantes á muros, parten, como cintas, del pie de la montaña, al límite inferior de las nieves perpetuas, del lado de la pendiente Sudoeste y de la pendiente setentrional, y descendiendo con una inclinacion muy suave, parece como que se estienden á mas de 2,000 toesas de distancia, en la direccion del Noroeste al Sudeste. Esas murallas que he representado como corrientes de lava, en mi plano del Antisana, y que los indígenas llaman volcán de la Hacienda ó Yana-

Digitized by Google

Volcan, que en lengua Qquecchua, significa volcan negro ú oscuro, tienen, con una anchura muy pequeña, una altura de 180 á 200 pies sobre el suelo de los Llanos de la Hacienda, de Santa Lucía y del Cuvillan. Sus pendientes son muy escarpadas, y están cortadas á pico, aun en las estremidades. En su estado actual consisten en restos de rocas escamosas y generalmente de aristas agudas, procedentes de una roca basáltica negra, sin olivina y sin aufibol, pero que contiene en corta cantidad pequeños cristales blancos de feldespato. La masa principal ofrece con frecuencia el brillo del pechstein y cuenta algunas partes de obsidiana, roca particularmente abundante y fácil de reconocer en la *Cueva de Antisana*, que hemos encontrado á una altura de 14,958 pies. La llamada Cueva de Antisana no es, propiamente hablando, una caverna, sino una especie de abrigo, formado por la caida de las rocas acumuladas, donde los pastores buscan refugio, y que nos protegió á nosotros mismos contra una granizada espantosa. La Cueva está situada algo al Norte del Volcan de la Hacienda. En las dos murallas de rocas que tienen el aspecto de una corriente de lava enfriada, las tablas y pedazos de piedra están unas veces escorificados en los bordes y reducidos casi al estado de esponja, otras descompuestos por el aire y mezclados con despojos terreos.

Otro depósito de piedras rodadas, que se desarrolla tambien como una faja, presenta fenómenos análogos, aunque mas complejos. En la pendiente oriental del Antisana, existen, á 1,200 pies de profundidad vertical bajo la llanura del mismo nombre, en la direccion de Pinantura y de Pintac, dos pequeños lagos de forma circular, uno de los cuales, colocado mas al Norte, lleva por nombre Ansango, el otro Lecheyacu. En el lago de Ansango, hay una isla de roca, y lo que es decisivo, el lago está rodeado de fragmentos rodados de piedra pomez. Los dos lagos señalan el principio de dos valles, que se confunden y cuya prolongacion alar-

Digitized by Google

gada se conoce con el nombre de *Volcan de Ansango*, porque desde el borde de los dos lagos salen corrientes estrechas de restos volcánicos, semejantes en un todo á las dos defensas de piedra de la alta llanura, y que no llenan los valles, sino que se alzan en medio de ellos como diques, llegando á la altura de 200 ó 250 pies. Una ojeada arrojada al plano que publiqué en el *Atlas geográfico y físico* de mi viaje al nuevo Continente, esclarecerá estas relaciones. Aquí tambien los trozos de roca se hallan en parte limitados por agudas aristas, en parte escorificados en los estremos, y calcinados como coke. La masa principal es negra, semejante al basalto, y está sembrada de feldespato vítreo. Hay tambien fragmentos separados de un negro oscuro, que tienen el brillo mate del pechstein. Aunque la masa presente alguna semejanza con el basalto, falta aquí completamente la olivina, que se encuentra tan abundantemente en el Rio Pisque, y cerca de Guallabamba, donde he visto columnas basálticas, de 68 pies de altura y 3 de espesor, que contenian á la vez partes de olivina y anfibol. En la muralla de piedra de Ansango, gran número de tablas descompuestas y rajadas por la accion del aire, denotan el pórfiro esquistoso. Todos los pedazos de piedra tienen una costra, de gris amarillento, producida igualmente por la descomposicion. Como puede seguirse la corriente de masas volcánicas, llamada por los indígenas familiarizados con la lengua española *los derrumbamientos, la reventazon*, desde el Rio del Molino, cerca de la granja del Pintac, hasta los pequeños cráteres-lagos rodeados de piedra pomez, se ha llegado naturalmente á pensar que estos lagos son las aberturas por donde han sido arrojados á la superficie los pedazos de roca. Pocos años antes de mi llegada al país, esta corriente volcánica habia resbalado durante muchas semanas por un plano inclinado, sin que hubiera precedido á este movimiento quebrantamiento alguno sensible, y habian sido derribadas mu-

Digitized by Google

chas casas cerca de Pintac, por el choque y la presion de los pedazos de roca. El campo de escombros de Ansango no tiene aun señales de vegetacion. Hállanse algunas, aunque muy raras, en las dos corrientes volcánicas de la meseta de Antisana, que son verdaderamente mas antiguas y ofrecen un estado mas adelantado de descomposicion.

¿Cómo llamar al modo de manifestacion volcánica cuyos efectos acabo de describir (32)? Tenemos aquí corrientes de lava, ó solo masas ardientes medio escorificadas, sin cohesion entre sí, aunque arrojadas en bandas cerradas como sucedió en el Cotopaxi en épocas muy próximas á la nuestra. Las murallas de piedra del Yana-Volcan de Ansango, no son masas fragmentarias sólidas, acumuladas otras veces sin cohesion, que han salido sin fijeza del interior de un cerro volcánico, que quebrantadas por temblores de tierra, produciendo ellas mismas sacudidas locales, han sido arrojadas fuera por la fuerza de los choques ó de las caidas, sin necesidad de un nuevo crecimiento de calor. Pero puede ser tambien que ninguna de estas tres manifestaciones de la actividad volcánica, tan diferentes entre sí, halle aquí lugar. Esta acumulacion de escombros alineados ha debido levantarse sobre fallas, en los mismos lugares donde existen hoy, es decir, al pie y en las cercanías de un volcan. Las dos murallas que siguen la pendiente tan suave del volcan de la Hacienda y del Yana-Volcan, de que he hablado antes de ahora, aunque teniendo cuidado de espresarme de una manera puramente hipotética, ofrecen, á mi juicio, como las corrientes enfriadas de lava, y á la distancia en que me las imagino, pocos indicios propios para justificar la última hipótesis. En el Volcan de Ansango, cuyo rastro volcánico puede seguirse sin interrupcion, semejante al lecho de un rio, hasta la piedra pomez que rodea los dos pequeños lagos, la pendiente que conduce desde Lecheyacu á Pinantura, es decir, la

Digitized by Google

diferencia de nivel entre 1900 y 1482 toesas, ó sea 418 toesas repartidas en un espacio de 7,700, no contradice en manera alguna lo que creemos saber hoy respecto de los pequeñisimos ángulos de inclinacion que dan por término medio las corrientes de lava. En el caso presente, la inclinacion es de 3°,6′. Un crecimiento parcial del suelo en medio del valle, no seria tampoco obstáculo, despues de lo que se ha observado en el reflujo de las masas líquidas que suben á los valles, por ejemplo, en la erupcion del Scaptar Jakul, en Islandia, en el año 1783 (33).

La palabra lava no significa combinacion mineral particular. Buch dice que todo lo que corre en un volcan y toma una nueva situacion en razon de su fluidez, es lava, á lo cual añado yo que no es necesario, para cambiar de sitio, que las materias sean fluidas, y que todo lo que está contenido en el interior de un cono volcánico, es susceptible de formar nuevos depósitos. La primera narracion de mi ascension al Chimborazo, publicada solamente en 1837, en el *Anuario astronómico* de Schumacher lleva ya la esposicion de esta opinion (34). Entonces la emití con motivo de los fragmentos de pórfiro augítico, de 12 á 14 pulgadas de diámetro, que habia recogido á 18,000 pies de altura, el 23 de Junio de 1802, en la estrecha arista de roca que conduce á la cumbre de la montaña. «Esos notables fragmentos, decia yo, tienen celdas pequeñas y brillantes; porosos y de color rojo, los mas negros son á veces ligeros como la pomez, y parece que han estado sometidos recientemente á la accion del fuego. Nunca, sin embargo, se han estendido en corrientes como la lava; pero probablemente han sido arrojados á través de las fallas que surcan la vertiente de la montaña en forma de campana, levantada en una época anterior.» Esta esplicacion podria dar útil apoyo á las hipótesis de mi querido y antiguo amigo Boussingault, que considera los conos volcánicos

Digitized by Google

en sí mismos como montones de restos traquíticos angulosos, levantados en el estado sólido y acumulados sin órden. «Como despues de su amontonamiento, decia, esas masas quebradas ocupan mas espacio que en la época en que estaban enteras, fórmanse grandes cavernas entre los fragmentos, cuando se ponen en movimiento por efectos de choque y de presion, sin contar los de la elasticidad volcánica.» Muy lejos estoy de dudar que existen en ciertos sitios semejantes fragmentos y cavidades que, en los Nevados, se llenan de agua, aunque creo que las hermosas columnas de traquito que se elevan con regularidad, y de ordinario perpendicularmente, sobre el Pico de los Ladrillos, sobre el Tablahama del Pinchincha, y en particular sobre el Chimborazo, sobre el pequeño lago de Yanacocha, han sido formadas en los lugares mismos.» Boussingault, cuyas miras en cuestiones de Química aplicada á la Geognosia, lo mismo que sus opiniones meteorológicas, me complazco en compartir, estima que lo que se llama el volcan de Ansango, y que por mi parte considero como una erupcion de escombros salidos de dos pequeños cráteres laterales, es un levantamiento de pedazos de rocas sobre largas fallas (35). Como esploró esta comarca treinta años despues que yo, se apoya en la analogía de las relaciones geognósticas que se dan entre la erupcion de Ansango y el Antisana, con las de Yana-Urcu, cuyo plano detallado, lo mismo que el del Chimborazo, he trazado. Lo que no me ha permitido admitir un levantamiento sobre fallas, que en tal caso seguiria en toda su estension la corriente volcánica de Ansango, es que, segun he recordado ya muchas veces, su estremidad superior parece indicar, como punto de partida, las dos aberturas actualmente llenas de agua. No ignoro tampoco la existencia de esos muelles de estension considerable y de direccion regular; los he visto y descrito, pero no están compuestos de rocas fragmentarias, en nuestro he-

Digitized by Google

misferio, en la Mongolia china, en medio de bancos de granito dispuestos en hileras horizontales (36).

El Antisana tuvo en 1590 una erupcion inflamada (37), y otra, hácia principios del último siglo, probablemente en 1728. Cerca de la cumbre, por la parte del Nor-Nord-Este, se observa una masa de roca negra, sobre la cual no puede sostenerse la nieve ni aun recientemente caida. En la primavera de 1801, en un momento en que el vértice de la montaña estaba completamente limpio de nubes, se vió, durante muchos dias, sobre este punto, una columna de humo negro. El 16 de Marzo de 1802, Bonpland, Cárlos Montufar y yo, llegamos á una arista de roca cubierta de pomez y de escorias que parecian basalto. Estábamos en la region de las nieves perpétuas, á 2,837 toesas de altura, por consiguiente á 2,213 toesas sobre el Mont-Blanc; la nieve era bastante sólida para sostenernos sobre muchos puntos próximos á la arista de la roca, cosa que acontece rara vez en los trópicos. La temperatura del aire estaba comprendida entre — 1°,8 y + 1°,4 del termómetro centígrado. Sobre la vertiente meridional, á la cual no ascendimos, en la *Piedra de Azufre*, donde se separan escamas algunas veces de las rocas á consecuencia de la descomposicion, se encuentran masas de azufre puro, de 10 á 12 pulgadas de longitud por cada 2 de espesor; no se conocen en los alrededores fuentes sulfurosas.

Aunque, en la Cordillera oriental, el volcan de Antisana, y sobre todo la vertiente occidental, desde Ansango y Pinantura hasta el pequeño pueblo de Pedregal, estén separados del Cotopaxi por el volcan estinguido de Passuchoa (38), cuyo cráter, conocido con el nombre de la Peila, se ve desde lejos, por el Nevado Sinchulahua, y otro de menor altura, el Rumiñaui, hay, sin embargo, cierta analogía entre las rocas de esas dos montañas colosales. Desde el Quincha, toda la cadena oriental de los Andes ha produ-

Digitized by Google

cido obsidiana; sin embargo, el Quincha, el Antisana y el Passuchoa pertenecen á la cuenca donde está situada la ciudad de Quito, mientras que el Cotopaxi limita las de Lactacunga, Hambato y Riobamba. El pequeño nudo de los Altos de Chisincha, forma una especie de calzada que separa las dos cuencas, y, cosa que verdaderamente sorprende en razon á la poca altura de las colinas, las aguas de la vertiente setentrional del Chisincha, se dirigen por los Rios de San Pedro, de Pita y de Guallabamba al mar del Sud, mientras que las de la vertiente meridional se precipitan en el rio de las Amazonas y en el Oceano Atlántico, por el Rio Alaques y el Rio de San Felipe. Los nudos de montañas y las calzadas, ya de pequeña elevacion, como los altos de que acabamos de hablar, ya iguales al Mont-Blanc, como en la senda que atraviesa el *Paso del Assuay*, forman con las cordilleras ramificaciones que parecen un fenómeno mas reciente y de menor importancia que el levantamiento de las grandes cadenas paralelas. Háse visto ya que la roca traquítica del Cotopaxi, el mas poderoso de los volcanes de Quito, ofrece mucha analogía con la del Antisana; hállanse tambien sobre las pendientes del Cotopaxi, y en mayor número, las corrientes de masas volcánicas, sobre las cuales nos hemos estendido largamente antes de ahora.

Interesaba mucho seguir esas corrientes volcánicas hasta su orígen, ó mas bien hasta el punto en que se ocultan bajo las nieves perpétuas. Ascendimos la vertiente Sudoeste del volcan de Mulalo ó Mulahalo, á lo largo del Rio Alaques, formado por la reunion del Rio de los Baños y del Rio Barrancas, y tocamos en el Pansacha, situado á 11,322 pies de altura, donde descansamos bajo la espaciosa *Casa del Páramo*, en la llanura herbosa llamada *el Pajonal*. Aunque, durante la noche, cayó hasta el punto donde nos hallábamos una gran cantidad de nieve esporádica, llegamos,

Digitized by Google

sin embargo, al este de la célebre *Cabeza del Inga*, en la *Quebrada* y el *Reventazon de las Minas*, y despues, inclinando mas al Este, salvamos el Alto de Suniguaicu hasta la garganta de la montaña del Leon ó Puma-Urcu, donde, por primera vez, indicó el barómetro una altura de 2,263 toesas. Otro rastro de restos volcánicos, que vimos á alguna distancia, se deslizó desde la parte oriental del cono de cenizas, cubierto de nieve, hácia el Rio Negro, afluentes del de las Amazonas, y hácia el Valle Vicioso. Esos pedazos, ya angulosos, ya redondeados, rara vez escamosos como los del Antisana, y de un diámetro de 6 á 8 pies? fueron arrojados á grandes alturas del cráter que corona el Cotopaxi, bajo la forma de escorias ardientes, liquefactadas únicamente en los bordes, y volvieron á caer á lo largo de la montaña, acelerados en su carrera por el derretimiento de las nieves; ó salieron directamente de las fallas laterales del volcan sin atravesar el aire? Esas cuestiones no han sido resueltas todavía. Volviendo sobre nuestros pasos á partir de Suniguaicu y de la *Quebrada del Mestizo*, visitamos la estensa y larga cumbre, que se dirige de Noroeste á Sudeste, y une el Cotopaxi con el *Nevado de Quelendaña*. Allí, no se encuentran pedazos de piedras alineados; sino una especie de calzada, sobre cuya espalda están colocados el pequeño cono *el Morro*, y, mas cerca de Quelendaña semejante á una herradura, muchos pantanos y dos pequeños lagos, las lagunas de Yauricocha y de Verdecocha. La roca del Morro y de toda esta línea volcánica es un pórfiro esquistoso, de gris verdoso, dividido en capas de 8 pulgadas de espesor, é inclinadas muy regularmente 60° hácia el Este. En parte alguna vimos señales de corrientes de lava propiamente dichas (39).

En la isla de Lipari, rica en piedra pomez, al norte de Caneto, una corriente de lava, formada de pomez y de obsidiana, parte del cráter estinguido aunque bien conservado

Digitized by Google

del *Monte di Campo Bianco*, y se dirige hácia el mar, con la notable particularidad de que las fibras de la primera sustancia son paralelas á la corriente (40). Segun el estudio que he hecho de todas esas relaciones locales, las canteras de pomez que cubren un espacio considerable, á una milla de Lactacunga, tienen analogía con lo que se ve en Lipari. Esas canteras en que está dividida la pomez en bancos horizontales, y tienen toda la apariencia de una roca *in situ*, en 1737 causaban ya admiracion á Bouguer (41): «No se encuentran, dice, en las montañas volcánicas mas que simples fragmentos de piedra pomez de un cierto grosor; pero á siete leguas al sud de Cotopaxi, en un punto que corresponde á nuestro décimo triángulo, la piedra pomez forma rocas enteras; bancos paralelos de cinco á seis pies de espesor, en un espacio de mas de una legua cuadrada. Ignórase su profundidad. Imagínese qué fuego ha sido necesario para poner en fusion esta masa enorme, y en el sitio mismo donde se encuentra hoy: porque se reconoce fácilmente que no se ha movido, y que se ha enfriado en el lugar donde se ha liquefactado. En los alrededores hánse aprovechado de la proximidad de esta inmensa cantera: porque la pequeña ciudad de Lactacunga, con hermosos edificios, está construida por completo, de piedra pomez, desde el temblor de tierra que la derribó en 1698.»

Esas canteras de pomez están situadas cerca del pueblo indio de San Felipe, en las colinas de Guapulo y de Zumbalica, á 480 pies de elevacion sobre la llanura que las rodea, y á 9,372 sobre la superficie del mar. Las capas superiores esceden por consiguiente en 500 á 600 pies el nivel de Mulalo y de la bella casa del Marqués de Maenza, construida con pedruscos de piedra pomez, al pie del Cotopaxi, y notable en otro tiempo por su arquitectura, pero completamente destruida hoy por temblores de tierra. Los

Digitized by Google

depósitos subterráneos están desigualmente alejados de los dos volcanes activos, el Tungarahua y el Cotopaxi: á ocho millas geográficas del primero y á cuatro millas del segundo. Llégase allí por una galería. Los canteros aseguran que las capas compactas horizontales, algunas de las cuales están rodeadas de restos de pomez arcillosa, podrian suministrar pedruscos cuadrangulares de 20 pies, sin ninguna grieta vertical. Esta pomez, en parte blanca y en parte de un gris azulado, tiene un brillo sedoso y fibras muy finas y muy prolongadas. Las fibras paralelas tienen á veces una apariencia nudosa, y presentan en ese caso una notable estructura. Los nudos están formados por fragmentos redondos de pomez delicadamente porosa, de una línea ó línea y media de ancho, y alrededor de los cuales se arrollan grandes filamentos. Encuéntranse allí en corta cantidad pequeñas tablas exágonas de mica, de un negro oscuro; cristales blancos de oligoclase y anfibol negro; pero en cambio hay carencia completa de feldespato vítreo, que ordinariamente se mezcla bien á la pomez, como en Camaldoli cerca de Nápoles. La pomez del Cotopaxi difiere enteramente de la de las canteras de Zumbalica (42). Sus filamentos son cortos, y no paralelos, estando enredados unos con otros. Sin embargo, no se halla esclusivamente empastada en la piedra pomez, la mica magnética, se la vuelve á encontrar en la masa constitutiva del Cotopaxi (43). En el volcan de Tungurahua, situado mas al Sud, falta la pomez completamente. No hay señal de obsidiana en los alrededores de las canteras de Zumbalica; pero en los pedruscos arrojados por el Cotopaxi y esparcidos cerca de Mulalo, ví grandes masas de obsidiana negra de fractura concoide, empastadas en la perlita descompuesta, de un gris azul. Consérvanse fragmentos de esta roca en la Coleccion mineralógica de Berlin. Las canteras de pomez colocadas á 4 millas del pie del Cotopaxi, pare-

Digitized by Google

cen, segun su constitucion mineralógica, completamente estrañas á esta montaña, y que no tienen con ella otra relacion que la que presentan todos los volcanes de Pasto y de Quito con el foco volcánico de las cordilleras ecuatoriales, que abraza muchos cientos de millas cuadradas. ¿Esas pomez han formado el interior y el centro de un cráter de levantamiento particular, cuya circunvalacion esterior ha sido destruida por los numerosos trastornos que asolaran esas regiones, ó son un banco horizontal, depositado tranquilamente en las fallas, en una época que llega hasta las primeras arrugas de la corteza terrestre? En cuanto á la hipótesis de sedimentos acuosos, producidos por los aluviones, como se presentan frecuentemente en las masas de toba volcánica, mezcladas de conchas y restos vegetales, es mas difícil aun de admitir.

La gran masa de pomez que encontré en el Rio Mayo, en la cordillera de Pasto, entre Mamendoy y el *Cerro del Púlpito*, lejos de toda andamiada volcánica, y á 9 millas geográficas del volcan activo de Pasto, suministra materia á las mismas cuestiones. Buch ha llamado tambien la atencion sobre una erupcion de piedra pomez, igualmente aislada, que describió Meyer, y cuyos fragmentos forman en Chile, al Este de Valparaiso, cerca del pueblo de Tollo, una colina de 3,000 pies de altura. El volcan de Maypo, que, al pronunciarse, levantó capas jurásicas, está á dos jornadas de este depósito de piedra pomez (44). El enviado prusiano en Washington, Gerolt, al cual debemos los primeros mapas geognósticos iluminados de Méjico, hace mencion de un depósito de pomez cerca de Huichapa, á 8 millas geográficas al Sud-Este de Querétaro y lejos de toda clase de volcan, de donde se sacan materiales de construccion (45). Abich, el esplorador del Cáucaso, se inclina á creer, segun sus propias observaciones, que el poderoso depósito de piedra pomez que se abrió salida á través de las

Digitized by Google

fallas, sobre la pendiente setentrional de la cadena central del Elbruz, cerca del pueblo de Tschgem, en la pequeña Kabarda, es mucho mas antiguo que el levantamiento de la montaña cónica.

Despues de lo que procede, se ve que la actividad volcánica del cuerpo terrestre produce fracturas y arrugas, merced al descenso de la temperatura primitiva causado por la irradiacion del calórico en el espacio, ya á consecuencia de la contraccion debida al enfriamiento de las capas superiores, ocasionándose de esta suerte y simultáneamente la depresion de las partes elevadas y el levantamiento de las partes mas bajas (46). Es pues natural tomar como medida y como testimonio de esta actividad, en las diferentes regiones de la Tierra, el número de las andamiadas volcánicas, es decir, de los conos abiertos por el vértice y levantados sobre las grietas, que han podido reconocerse en nuestros dias. Háse tratado muchas veces de contarlos, pero casi siempre se ha hecho la operacion de una manera muy incompleta. Hánse tomado por volcanes distintos, colinas de erupcion y solfataras, pertenecientes á un solo y mismo sistema. La estension de los espacios que han permanecido cerrados hasta aquí á toda investigacion científica, es sin embargo, para la terminacion de este trabajo un obstáculo menos grave de lo que generalmente se supone, en atencion á que la mayor parte de los volcanes tienen su base en las islas y regiones próximas á las costas. Por otra parte, en una investigacion numérica que el estado actual de nuestros conocimientos no permite completar, es ya mucho obtener un resultado que puede considerarse como límite inferior, y determinar con gran probabilidad en cuantos puntos ha permanecido en libre comunicacion con la atmósfera el centro liquefactado de la Tierra, en los tiempos históricos. De ordinario, esta comunicacion se manifiesta simultáneamente por las erup-

Digitized by Google

ciones á que dan salida las armaduras volcánicas de las montañas de forma de cono, por el crecimiento del calor y la inflamabilidad de las fuentes termales y de nafta, y por último, por la mayor estension de los círculos de quebrantamiento, fenómenos íntimamente unidos y de recíproca dependencia entre sí (47). Tambien aquí se encuentra la huella de Buch, que en sus apéndices á la Descripcion física de las islas Canarias, intentó, primero que nadie, abarcar bajo un mismo punto de vista cosmológico todos los sistemas volcánicos de la Tierra, divididos en volcanes centrales y en cadenas volcánicas. El desmembramiento mas reciente, y por tanto mas completo, emprendido por mí, segun los principios antes espuestos (48), es decir, escluyendo las campanas cerradas y los simples conos de erupcion, da con cierta probabilidad, como número límite inferior, un resultado muy distinto de los precedentes. Al componer esta lista, me he esforzado en comprender en ella todos los volcanes que han entrado en el período histórico, en posesion de su actividad.

Háse tratado muchas veces de averiguar si en las partes del globo en que se cuentra reunido el mayor número de volcanes, y donde se manifiesta de la manera mas activa la reaccion del interior sobre la corteza sólida de la Tierra, están mas cerca de la superficie las materias liquefactadas. Cualquiera que sea el medio que se emplee para determinar en su máximum el espesor medio de la corteza terrestre, ya se elija el camino de las matemáticas puras que nos abre la astronomía teórica (49), ya la senda mas sencilla que descansa en la ley del calor creciente en razon á la profundidad y sobre las diversas temperaturas en que entran en fusion las rocas (50), quedan en este problema gran número de cantidades indeterminadas. Tales son la influencia de una inmensa presion sobre la fusibilidad; la conductibilidad, quo varía segun las diferentes rocas, el

Digitized by Google

singular descenso que hace esperimentar á esta propiedad una elevacion considerable de temperatura, como ha demostrado Forbes; la desigual profundidad de la cuenca oceánica; por último, los accidentes locales que se producen en la combinacion y estructura de las fallas que terminan en la parte liquefactada del globo. Si, en algunos puntos de la Tierra, la mayor ó menor proximidad de la capa que señala el límite superior de las materias en fusion esplica la abundancia de los volcanes y las comunicaciones mas frecuentes entre la atmósfera y las profundidades del globo, esta proximidad puede á su vez depender de la diferencia media de los niveles entre el suelo del mar y de los continentes, ó de la profundidad á que empieza la masa liquefactada, bajo los distintos meridianos y los diferentes paralelos; ¿pero cómo determinar el punto donde empieza esta superficie? ¿No hay grados intermedios entre una solidez completa y una entera fluidez? ¿No se observan transiciones, como las que tanto preocuparon cuando las discusiones sobre el estado pastoso de algunas formaciones plutónicas y volcánicas levantadas en la superficie de la Tierra y sobre el movimiento de los ventisqueros? Esos estados transitorios están fuera de toda determinacion matemática, como lo que se ha llamado la liquefaccion del interior de la Tierra, bajo la enorme presion que resisten esas regiones. No solo es poco probable por sí que el calor continúe creciendo con la profundidad en proporcion aritmética, sino que pueden tambien intervenir perturbaciones locales debidas por ejemplo á cuencas subterráneas: doy este nombre á las cavernas abiertas en la masa sólida de la Tierra, que de tiempo en tiempo se llenan parcialmente de abajo á arriba por lavas en fusion y por los vapores que descansan en la superficie de esas lavas (51). Ya el inmortal autor de la *Protogæa* da un papel á esas cavidades en la teoría del decrecimiento del calor central: «Pos-

Digitized by Google

tremo credibile est contrahentem se refrigeratione crustam bullas reliquisse, ingentes pro rei magnitudine, id est sub vastis fornicibus cavitates (52).» Menos probable es que el espesor de la costra terrestre enfriada en la actualidad sea igual en toda la superficie del globo; pero es importante determinar el número y la situacion geográfica de los volcanes que han permanecido abiertos en los tiempos históricos. La teoría geográfica de los volcanes podrá completarse solo por medio de tentativas renovadas frecuentemente.

I. EUROPA.

El Etna.
El Vulcano de las islas Lipari.
El Stromboli.
El volcan de Isquia.
El Vesubio.
El volcan de la isla Santorin.
El volcan de la isla de Lemnos.

Estos siete volcanes pertenecen á la gran cuenca del Mediterráneo y á la costa de Europa. Todos han dado testimonios de su actividad en los tiempos históricos. La montaña ignívoma del Mosychlos en la isla de Lemnos, llamada por Homero mansion favorita de Vulcano, fue destruida como la isla Chrysé, con posterioridad á la época de Alejandro, por temblores de tierra, hundiéndose en las ondas (53). El gran levantamiento y la desaparicion de las tres Caimenas, en medio del golfo de Santorin, encerrado entre las islas de Tera, de Terasia y de Aspronisi, fenómeno que se renovó muchas veces desde el año 186 antes de Jesu-Cristo, hasta el año 1712 de nuestra era, ofrece sorprendente analogía con otro fenómeno mucho menos importante á la verdad, con la isla que surgió del mar entre Sciacca y Pantellaria, conocida con el nombre de Graham, de Julia y

Digitized by Google

de Ferdinandæa. En la península de Metona, que hemos mencionado ya muchas veces (54), existen señales visibles de erupciones volcánicas, en medio de un traquito de rojo oscuro, que sale del calcáreo, cerca de Kaimenochari y de Kaimeno (55).

Los volcanes *prehistóricos* que conservan aun frescas huellas de corrientes de lava, vertidas por cráteres, son, yendo de Norte á Sud: el Mosenberg y el Geroldstein, en el Eisel; en Hungría, el gran cráter de levantamiento en que está construido el Schemnitz; en la Auvernia, la cadena de Puyss ó de los Monts-Dômes, el cono del Cantal, los Monts-Dore; en el Vivarais, donde las antiguas lavas se abren paso á través del gneis, la seccion de Aysac y el cono de Montpezat. El Velay presenta erupciones de escorias sin corrientes de lavas; siguen despues los montes Euganeos, las colinas de Albano, Rocca Monfina y el Vultur, cerca de Teano y de Melfi. En Cataluña se encuentran los volcanes que están próximos á Olot y Castell-Follit (56), y mas al Sud todavía, el grupo de las Columbretas, cerca de las costas de Valencia, de las cuales la mayor que ostenta la forma de un creciente, la antigua Colubraria de los Romanos, contiene el Montcolibre, lleno de obsidiana y de traquito celular, y situado, segun el capitan Smyth, á los 39° 54′ de latitud. Puede citarse tambien la isla griega de Nisyros una de las Esporades carpáticas, de exacta figura circular, en medio de la cual y á una altura de 2,130 pies, segun los cálculos de Ross, se halla una hondonada profunda y rodeada de un cerco, que encierra una solfatara en que se oyen violentas detonaciones y de donde irradian corrientes de lava. Esas lavas se precipitaban en otro tiempo en el mar, y producian aun en tiempo de Strabon muelas volcánicas; hoy constituyen pequeños promontorios (57). Debemos mencionar tambien, en razon á su edad, los volcanes submarinos de las islas Británicas, y los notables efec-

Digitized by Google

tos que producen en las capas de la formacion silurica inferior, ó formacion de Llandeilo, en la cual se hallan empastados fragmentos celulares volcánicos. Segun la importante observacion de Murchison, las capas silúricas inferiores de las montañas de Corndon, en los condados de Schrop y de Montgomery, tienen tambien masas eruptivas de trapp (58). Terminaremos por los notables filones de la isla Arran, y quedarán todavía otros puntos por los cuales ha pasado evidentemente la actividad volcánica, sin que pueda descubrirse señal alguna de las andamiadas porque se ha abierto paso.

II. ISLAS DEL OCEANO ATLÁNTICO.

El volcan de Esk, en la isla Juan Mayen, ha tomado su nombre del navío de Scoresby, que verificó su ascension. Llega apenas á 1,500 pies de altura, y presenta en el vértice un cráter abierto, aunque no inflamado. Su composicion es de basalto rico en pirojeno y de trass.

Al Sudoeste del Esk, cerca del cabo Norte de la isla de los Huevos, existe otro volcan que, á partir del mes de Abril de 1818, ha arrojado, de cuatro en cuatro meses, cantidades considerables de cenizas.

El Beerenberg, de 6,648 pies de altura, situado en la parte Nordeste de la isla Juan Mayen, á los 71° 4′ de latitud, no es conocido hasta ahora como volcan (59).

Los volcanes de la Islandia: el Œrœfa, el Hécla, el Rauda-Kamba, etc.

El volcan de la isla Pico, una de las Azores, tuvo gran erupcion de lava desde 1.° de Mayo al 5 de Junio de 1800 (60).

El pico de Tenerife.

El volcan de Fogo, una de las islas del cabo Verde (61).

Digitized by Google

Difícil es referir en Islandia *la actividad volcánica anterior á los tiempos históricos* á centros determinados. Se pueden dividir sin embargo con Sartorius de Waltershausen, los volcanes de esta isla en dos clases: en volcanes que solo han tenido una erupcion, y volcanes que han arrojado corrientes de lava en muchas ocasiones, por una misma falla principal. A la primera categoría pertenecen el Rauda-Kamba, el Scaptar, el Ellidavatan, situado al Sud-este de Reykjavik y quizás otros; la segunda categoría, que acredita una individualidad perseverante, comprende los dos volcanes mas altos de la Islandia: el Œrœfa, que pasa de 6,000 pies, y el Snœfiall, luego el Hecla etc. De tiempo inmemorial, aparece el Snœfiall sin señal alguna de actividad, el Œrœfa por el contrario, es célebre por las formidables erupciones de 1362 y de 1727 (62). En la isla de Madera (63), las dos montañas mas altas, el Pico Ruivo, de forma cónica que tiene 8,685 pies, y el Pico de Torres, de igual elevacion, y cuyas escarpadas pendientes están cubiertas de lavas escorificadas, no pueden considerarse como centros de la actividad volcánica, en atencion á que en muchos sitios, especialmente cerca de las costas, se han encontrado aberturas eruptivas, y tambien el gran cráter, de la Lagoa cerca de Machico. Es imposible seguir las diferentes corrientes de lava que se han confundido superponiéndose. Restos de antiguas dicotiledóneas y helechos, cuidadosamente estudiados por Bumbury, se hallan enterrados en levantamientos volcánicos de toba y de tierra arcillosa, cubiertos á veces de un basalto mas reciente. El grupo Fernando de Noronha, situado á 2° 27′ al Este de Pernambuco, á 3° 50′ de latitud austral, se compone de muy pequeñas islas que consisten en rocas de fonolita, que contienen anfibol. No existen aquí cráteres, sino únicamente aberturas de forma de filones, llenas de traquito y de amigdaloide basáltica, que atraviesan capas de toba blanco (64). En la isla

Digitized by Google

de la Ascension, la mayor altura es de 2,690 pies. Las lavas basálticas ofrecen mas feldéspato vítreo que olivina, y constituyen corrientes muy distintas, que pueden seguirse fácilmente hasta el cono de erupcion, formado de traquito. Esta última roca, de color brillante y frecuentemente descompuesta como toba, domina en el interior y en la parte Sudeste de la isla. En las masas de escorias arrojadas por el Green-Mountain, están empastados fragmentos angulosos, que contienen sienita y granito, y recuerdan las lavas del Jorullo (65). Al Oeste de la misma montaña, se encuentra un estenso cráter abierto. Bombas volcánicas que no tienen menos de 10 pulgadas de diámetro, se dispersan por las inmediaciones, en cantidad innumerable, como tambien grandes masas de obsidiana. Toda la isla de Santa Elena es volcánica. En el interior, dominan capas feldespáticas de lava; cerca de las costas, reina un basalto cruzado por innumerables filones (diques), como en Flagstaff-Hill. Entre Diana-Peak y Nest-Lodge, en la cadena central, existe un precipicio abierto á pico y en forma de media luna, resto de un gran cráter destruido, en donde se amontonan escorias y lava celular (the mere wreck one great crater is left) (66). Las capas de lava no están claramente limitadas, y no puede seguirse su curso con tanta facilidad como el de las corrientes propiamente dichas, que tienen menor estension. Tristan de Cunha, situada á los 37° 3′ de latitud austral, 13° 48′ de longitud, descubierta desde el año 1506 por los Portugueses, es una pequeña isla circular, que solo tiene milla y media de diámetro, en cuyo centro se levanta una montaña cónica de 7,800 pies de altura próximamente, segun la relacion del capitan Denham, y formada, segun el mismo testimonio, de rocas volcánicas (67). Al Sudeste, á los 53° de latitud austral, se halla la isla de Thompson, tambien volcánica, y entre las dos, en la misma direccion, la isla Gough, llamada tambien

Digitized by Google

Diego-Alvarez. Siguen despues la isla de la Decepcion, de figura de anillo estrecho (lat. aust. 62° 55′), y la isla Bridgman, que pertenecen al grupo South-Schetland. Esas dos islas volcánicas presentan capas de hielo, de piedra pomez, de ceniza negra, de obsidiana, y producen emisiones perpétuas de vapores calientes (68). En el mes de Febrero de 1842, se vió arrojar llamas á la isla de la Decepcion, por trece puntos distintos, dispuestos en forma de círculo. Sorprende verdaderamente que, teniendo el Oceano Atlántico aun tantas otras islas volcánicas, ni la pequeña isla completamente plana de San Pablo (Peñedo de San Pedro), situada un grado al Norte del Ecuador, de un grunsten esquistoso ligeramente laminar, que pasa á la serpentina (69), ni las Maluinas con su esquisto arcilloso cuarzífero, ni la Georgia del Sud, ni las islas Sandwich, contengan rocas volcánicas. Por el contrario, una region del Océano Atlántico situada á los 0° 20′ al Sud del Ecuador y á los 22° de longitud occidental, está considerada como asiento de un volcan submarino (70). El 19 de Mayo de 1806, en esos sitios vió Krusenstern elevarse del fondo del mar columnas de humo negro, y se presentaron en 1836 á la Sociedad asiática de Calcuta, cenizas volcánicas, recogidas en dos ocasiones en el mismo punto, al Sudeste de la roca de San Pablo. Los edificios han sentido con frecuencia estrañas sacudidas, y el mar se ha hinchado desmesuradamente en la *Volcanic Region*; nombre que se dá á estos hermosos sitios en el mapa de América del teniente Lee titulado: *Track of the surveying Brig Dolphin*, 1854. Segun las exactísimas investigaciones de Daussy, este fenómeno, atribuido á las sacudidas subterráneas que quebrantaban el lecho del mar, se reprodujo cinco veces desde el año 1747, hasta el viaje de circunnavegacion de Krusenstern, y siete veces en el intervalo de 1806 á 1836. Nada de particular se ha comprobado sin embargo en el mes

Digitized by Google

de Enero de 1852, en la espedicion del brik el *Delfin*, que en memoria del Krusenstern's Vulcano, recibió instrucciones para practicar sondas entre el Ecuador y 7° de latitud austral, y entre 18° y 27′ de longitud; la misma observacion se aplica á la *Exploring Expedition* de Wilkes, que se hizo en 1838.

III. AFRICA.

El volcan Mongo-ma Leba, situado en la cadena de los montes Cameroun, á 4° 12′ de latitud boreal, al Oeste del punto en que el rio del mismo nombre se precipita en la bahía de Biafra y al Este del delta formado por el Kowara ó Niger, tuvo, segun el capitan Allan, una erupcion de lava en 1838. La falla que corre de Sud-Sud-Oeste á Nor-Nordeste, sobre la cual están dispuestas en línea recta las cuatro islas volcánicas de Anobon, de Santo Tomás, de los Príncipes y de San Fernando Pó, se dirige hácia el Cameroun que, segun las medidas del capitan Owen y del teniente Boteler, llega á 12,000 pies de altura (71).

En el Africa oriental, algo al Oeste de la montaña nevada Kignea, á 1° 20′ próximamente de latitud meridional, descubrió el misionero Krapf en 1849, una montaña próxima á las fuentes del Dana, y á 20 millas geográficas al Noroeste de las costas de Mombas, que se supone un volcan. Bajo un paralelo en dos grados próximamente mas meridional que el de Kignea, fue descubierta en 1847 por el misionero Rebmann otra montaña nevada, el Kilimandjaro, que está alejada del mismo litoral poco mas de 50 millas geográficas. Algo mas al Oeste, se encuentra una tercera montaña nevada, el Doengo-Engay, señalada por el capitan Short. La existencia de esos Nevados ha sido reconocida despues de muchos esfuerzos y peligros.

La actividad volcánica de que dá pruebas este vasto

Digitized by Google

continente, tan poco esplorado en el interior, entre 7° de latitud boreal y 12° de latitud austral, es decir entre el paralelo de Adamaua y el del monte Lubalo, que divide las aguas, está atestiguada, segun Ruppell, por los alrededores del lago Tzana, en el reino de Gondar, y, segun Rochet d'Hericourt, por las lavas basálticas y capas de traquito y obsidiana de Schoa. Las muestras traidas por d'Hericourt, muy análogas á las rocas del Cantal y del Mont-Dore, fueron analizadas por Dufrenoy (72). Aunque en el Kordofan, la montaña cónica de Koldghi no arroja llama ni humo, parece probado sin embargo que se encuentran en ella rocas negras porosas y vitrificadas (73).

En Adamaua, al Sud del gran rio Benua, se levantan las montañas aisladas de Bagel y de Alantika, que, la una por su forma cónica, y la otra por su forma de cúpula, se presentaron al doctor Barth, en su viaje de Kuka á Jola, como montañas traquíticas. Un naturalista arrebatado muy pronto á la ciencia, Overweg, halló al Oeste del lago Tsad, en la comarca de Gudscheba, conos de basalto, columnarios y ricos en olivina, que han penetrado en capas de asperon rojo arcilloso, y en capas de granito cuarzífero; hecho que está confirmado en las noticias que Petermann estractó de los Diarios de Overweg, de Barth y de Vogel.

La rareza de los volcanes activos en ese continente poco articulado, cuyo litoral se conoce bastante, constituye un fenómeno singular. Preciso es pues suponer que existen, en las regiones ignoradas del Africa central, especialmente al Sud del Ecuador, estensas cuencas, análogas al lago Uniamesi, llamado anteriormente Nyassi por el doctor Cooley, en cuyos bordes se levantan volcanes como el de Demavend, cerca del mar Caspio. Ninguna Relacion procedente de los indígenas, que tanta aficion tienen sin embargo por los viajes, nos ha suministrado hasta aquí noticia alguna respecto de este asunto.

Digitized by Google

IV. ASIA.

1.° *Parte occidental y central del Asia.*

El volcan de Demavend (74), aunque activo todavía, solo deja salir un poco de humo, y por intervalos, segun han comprobado Olivier, Morier y Taylor, Thomson en 1837.

El volcan de Medina; erupcion de lava en 1276.

El volcan Djebel el Tir (Tair ó Ther), de 840 pies de altura, que forma una isla en el mar Rojo entre Loheia y Massaua.

El volcan Pe-schan, situado en la gran cadena del Thian-schan, ó montaña Celeste, al Norte de Kutscha, tuvo erupciones de lava sucesivas, durante un período muy conocido históricamente, desde el año 89 de nuestra era hasta comienzos del siglo VII.

El volcan Hotscheu, llamado tambien volcan de Turfan en las geografías chinas, tan ricas en detalles, está á 30 millas de la gran sulfatara de Orumtsi, cerca de la estremidad oriental del Thian-schan, y frente á la hermosa y fértil comarca de Hami.

El volcan de Demavend, de mas de 18,000 pies de altura, se halla á 9 millas geográficas próximamente de la costa meridional del mar Caspio, en el Mazenderan, casi á igual distancia de Rescht y de Asterabad, en la cadena del Yndo-Kho que disminuye rápidamente al Oeste hácia Herat y Meschid. He hecho probable en otra obra (75), la opinion de que el Yndo-Kho, á partir de Chitral y del Cafiristan, es prolongacion occidental de la gran cadena del Kuen-Lun que limita el Tibet al Norte, y corta, en el Tsungling, la cadena meridiana de Bolor. El Demavend pertenece al Elbruż persico ó caspio, sistema de montaña

Digitized by Google

que no debe confundirse con el Elbruz situado 7° $^1/_2$ mas al Norte y 10° mas al Oeste. La palabra Elbruz es corrupcion de Albordj, que significa Montaña del Mundo y se refiere á la antigua cosmogonia del pueblo Zend.

Al considerar, desde un punto de vista general, la forma de las cadenas montañosas del Asia central, se reconoce que el volcan de Demavend limita la gran cadena del Kuen-Lun, cerca de su estremidad occidental. Tambien hay en la opuesta otra montaña ignívoma, cuya existencia he sido el primero en dar á conocer, y que merece particular atencion (76). Por el trabajo á que se dedicó, á instancia mia, mi amigo y colega en el Instituto, Julien, para buscar en las fuentes tan abundantes de la antigua geografía china, detalles relativos al Bolor, al Kuen-Lun y al mar de Estrellas, este erudito profundo encontró, en el gran Diccionario publicado á principios del siglo XVIII por el emperador Yongtsching, la descripcion de la llama eterna que surge de una caverna abierta en la colina Schinkhieu, en la pendiente de la cadena oriental del Kuen-Lun. La colina de donde sale este fenómeno luminoso, cualquiera que sea la profundidad á que nazca, puede llamarse difícilmente volcan; mas bien recuerda á mi parecer la Quimera de Licya, situada cerca de Deliktasch y de Yanartasch, conocida de los Griegos, y que es una fuente de fuego, de gas inflamado, alimentada constantemente por la actividad volcánica de la Tierra (77).

Escritores árabes enseñan, aunque las mas de las veces sin citar fechas precisas, que en la edad media tuvieron lugar tambien erupciones de lava, en la costa Sudoeste de la Arabia, en la cadena de las islas de Zobayr, en el estrecho de Bab-el-Mandeb y en el de Aden, en el Adhramaut, en el estrecho de Ormuz y en la parte occidental del golfo pérsico, es decir en puntos pertenecientes todos á un suelo que, desde tiempo inmemorial, ha sido foco de actividad volcáni-

Digitized by Google

ca (78). Burckhardt ha hallado en la crónica de Samhudy, que contiene la historia de la célebre ciudad del mismo nombre, situada en el Hedschaz, la época de una erupcion volcánica que estalló cerca de Medina, 12° 30′ al Norte del estrecho de Bab-el-Mandeb. La fecha indicada corresponde al 2 de Noviembre de 1276, pero Abulmahasen dice, segun Seetzen, que en el mismo sitio se habia producido ya una erupcion ígnea, 22 años antes, en 1254 (79). La isla volcánica Djebel-Tair, en la que reconoció Vincent la isla apagada del *Periplus maris Erythræi*, es todavía activa segun narracion de Botta, conforme con los datos recogidos por Ehrenberg y Russegger (80). Si se desean mas ámplios detalles sobre toda la comarca que rodea el estrecho de Bab-el-Mandeb y la isla basáltica de Perim; respecto del recinto de forma de cráter en medio del cual está situada la ciudad de Aden; sobre la isla de Seerah y sus corrientes de obsidiana, cubiertas de piedra pomez; por último sobre los grupos de islas de Zobayr y de Farsan, cuya naturaleza volcánica descubrió Ehremberg en 1825, se hallarán en el bello libro de Ritter (81).

El sistema volcánico del Thian-schan, que atraviesa el Asia central de Este á Oeste, entre el Altai y el Kuen-Lun, fue durante algun tiempo objeto particular de mis investigaciones (82). A lo poco que Remusat habia tomado de la *Enciclopedia japonesa*, he podido añadir los fragmentos mas importantes recogidos por Klaproth, Neumann y Julien. Si al Thian-schan se agrega el Asferach, que, empezando mas allá de la cadena meridional de Kosyurt-Bolor, se prolonga, al Oeste, hasta el meridiano de Samarcanda, en el cual Ibn-Haukal y Ibn-al-Vardi han señalado y descrito como en el Thian-schan, pozos de fuego y aberturas que arrojaban sal amoniaca, y quizás llamas, la longitud total de la cadena es ocho veces superior á la de los Pirineos (83). En la historia de la dinastía de los

Digitized by Google

Thang se dice espresamente que «en una de las pendientes del Pes-chan, que arroja contínuamente llamas y humo, las piedras se inflaman, funden y corren en una estension de muchas *Li*, como grasa líquida; esta masa blanda se endurece al enfriarse.» No podria caracterizarse mejor una corriente de lava. En el libro XLIX de la gran Geografía del Imperio chino, impresa á espensas del Estado, en Pekin, de 1789 á 1804, las montañas ignívomas del Thian-schan están señaladas como todavía activas. Su situacion es de tal modo central, que se hallan separadas de las costas del mar glacial y de las embocaduras mas próximas, las del Ganges y el Indo, á una distancia casi igual, de 380 millas geográficas; del lago de Aral, á 255 millas; de los lagos sagrados de Issikal y de Balkash, á 43 y 52 millas. Peregrinos de la Meca, que sufrieron en Bombay, en 1835, un interrogatorio oficial, dieron tambien noticias acerca de las llamas que se elevan de la montaña de Turfan ó Hotscheu (84). ¿Cuándo pues, se decidirá por fin, algun viajero preparado para esta esploracion, á visitar los volcanes de Pes-chan y de Turfan, de Barkul y de Hami, saliendo de la ciudad de Guldja sobre el Ili, que es de tan fácil acceso?

La situacion mejor definida hoy de la cadena volcánica del Thian-schan, ha dado lugar naturalmente á preguntar si la tradicion, segun la cual, arden fuegos eternos en el fondo del rio *el-Macher*, en la comarca fabulosa de Gog y de Magog, no reconocia como orígen las erupciones del Pes-chan ó del volcan de Turfan. Ese mito oriental estendido en un principio por la costa occidental del mar Caspio, cerca de las puertas de hierro de Derbend (Pylæ Albaniæ), ha viajado como casi todos los mitos, y caminado en direccion del Este. Edrisi hace salir de Bagdad hácia el pais de las Tinieblas, en la primera mitad del siglo IX, á Salam-El Terdjeman, intérprete de

Digitized by Google

uno de los califas abasidas. El viajero atraviesa la estepa de los Baschkiros, y llega á la montaña nevada de Cocaïa, rodeada por el gran muro de Magog ó Madjudj. Jaubert, á quien debemos los complementos de la obra del geógrafo nubio, ha demostrado que las llamas que arden en la pendiente del Cocaïa, no tienen nada de volcánicas (85). Mas lejos, hácia el Sud, coloca Edrisi el lago Tehama. Creo que he llegado casi á probar que el Tehama es el gran lago Balkasch, en el cual se precipita el rio Ili, y que solo se halla á 45 millas mas al Sud que el Cocaïa. Siglo y medio despues que Edrisi, colocaba Marco Polo los muros de Magog en las montañas del In-schan, al Este de la meseta de Gobi, frente al rio Hoang-ho y de las murallas de la China, de las cuales, cosa muy singular, habla el viajero veneciano tan poco como del uso del té. El In-schan, que limita las posesiones del Preste Juan, puede considerarse como prolongacion oriental de la cadena del Thian-schan (86).

Durante mucho tiempo se han representado erróneamente dos montañas cónicas, que arrojaban antes lavas, el volcan de Pe-schan y el Hots-cheu de Turfan, separados, en una longitud de 105 millas geográficas, por el fuerte nudo de Bogdo-Oola, cubierto constantemente de nieve y de hielo, como formando un grupo volcánico aislado. Creo haber probado que al Sud y al Norte de la larga cadena del Thian-schan, lo mismo que en el Cáucaso, existe una conexion geológica muy íntima entre la actividad volcánica y los límites de los círculos de quebrantamiento, las fuentes calientes, las sulfataras, las fallas de donde se escapa el amoniaco, y los depósitos de sal gemma.

Como he espresado repetidas veces, y hoy es tambien opinion del célebre esplorador del sistema caucásico, Abich, el Cáucaso, no es mas que la prolongacion de la falla del Thian-schan y del Asferah, delante de la gran depresion

Digitized by Google

aralo-caspia (87), conviene citar á continuacion del Thianschan, cuatro volcanes apagados, cuya actividad se eleva á los tiempos pre-históricos: el Elbruz (17,352 pies de altura), el Ararat (16,056 pies), el Kasbegk (15,512 pies), y el Savalan (14,787 pies de altura) (88). Por su elevacion son esos volcanes intermedios entre el Cotopaxi y el Mont-Blanc. El gran Ararat ó Agri-dagh, á cuyo vértice subió por primera vez Parrot, el 27 de Setiembre de 1829, y repetidas ocasiones en 1844 y 1845, Abich, y por último, en 1850 el coronel Chodzko, tiene, como el Chimborazo, la forma de una cúpula con dos prominencias de poca consideracion en el borde del vértice, pero sin cráter. Las mayores y probablemente las últimas erupciones de lava que arrojó el Ararat en los tiempos pre-históricos, se abrieron paso por bajo del límite de las nieves. Dichas erupciones son de dos especies: ó traquíticas, con feldespato vítreo, y abundantes en pirita sulfurosa, de fácil descomposicion; ó doleríticas y compuestas en su mayor parte de labrador y augita, como las lavas del Etna. Abich estima las erupciones doleríticas del Ararat como mas recientes que las traquíticas. Los sitios de que han salido las corrientes de lava, colocados todos debajo del límite de las nieves perpétuas, están indicados generalmente por conos de erupcion y por pequeños cráteres, rodeados de escorias. Esto se vé claramente, en la gran llanura herbosa de Kip-Gh ioll, en la vertiente Noroeste de la montaña. El profundo valle de Santiago, especie de garganta que sube hasta el vértice de Ararat, y, visto aun á gran distancia, dá á la montaña un carácter particular, ofrece mucha semejanza con el *Val del Bove* del Etna, y permite tambien contemplar la estructura interior de la cúpula; hay sin embargo una diferencia notable; la de que en el valle de Santiago se han encontrado masas traquíticas aunque no corrientes de lava, ni capas de escorias y rapilis (89). El grande y el pequeño Ararat, el primero de los cuales, se-

Digitized by Google

gun los escelentes trabajos geodésicos de Wassili Fedorow, está situado 3′ 4″ al Norte, 6′ 42″ al Oeste del segundo, se elevan sobre el lado meridional de la estensa llanura que atraviesa una gran sinuosidad del Arajes. Ambos se hallan en una meseta volcánica, de forma elíptica, cuyo eje mayor se dirige del Sudeste al Noroeste. El Kasbegk y el Tschegem tampoco tienen cráter en el vértice, aunque, segun Wladikaukas, haya arrojado el primero por el lado del Norte fuertes erupciones. El mayor de todos esos volcanes apagados, el cono traquítico del Elbruz, que sale de las montañas de esquisto talcoso y diorítico que dominan el valle del Backsan, cuenta un cráter-lago. Cráteres semejantes existen en la áspera meseta de Kely, de donde se escapan corrientes de lava, que se abren camino por medio de conos de erupcion. Por otra parte, aquí como en las Cordilleras de Quito, los basaltos están muy distantes del sistema traquítico; empiezan á 6 ú 8 millas al Sud de la cadena del Elbruz y del Tschegem, en el valle superior del Faso ó Rion.

2.° *Parte nordeste del Asia, península del Kamtschatka.*

La península del Kamtschatka, desde el cabo de Lopatka, situado, segun Krusenstern, á 51° 3′, hasta el cabo Ukinsk, pertenece, como la isla de Java, Chile y América central, á las regiones en donde están reunidos en menor espacio mayor número de volcanes, los mas todavia activos. Cuentanse 14 en Kamtschatka, en una estension de 105 millas geográficas. En la América central, entre el volcan de Soconusko y Turrialva, de la provincia de Costa Rica, dos puntos separados por un intérvalo de 170 millas, encuentro 29 volcanes, de los cuales 18 aun arden. En el Perú y la Bolivia, las 105 millas que hay desde el volcan de Chacani al de *San Pedro de Atacama*, contienen 14, de los cua-

Digitized by Google

les solo 3 han conservado su actividad. En Chile, desde el volcan de Coquimbo al de San Clemente, se cuentan 240 millas y 24 volcanes, 13 de los cuales han dado pruebas de su actividad en los tiempos históricos. El conocimiento de los volcanes del Kamtschatka, considerados bajo el punto de vista de la forma, de la altura y del lugar artronómico, ha sido grandemente aumentado en estos últimos tiempos por Krusenstern, Horner, Hofmann, Lenz, Lütke, Postels, el capitan Beechey y especialmente por Erman. Atraviesan á la península en su longitud dos cadenas paralelas. Los volcanes están acumulados en la mas oriental, y los mas elevados llegan á una altura de 10,500 á 14,800 pies, sucediéndose en el órden siguiente, de Sud á Norte :

El volcan de Opalinks, ó sea el pico Koscheleff del almirante Krusenstern, situado á los 51° 21′ de latitud, segun el capitan Chwostow, tiene casi la altura del pico de Tenerife y era muy activo á fines del siglo XVIII.

El Hodutka Sopka (51° 35′); entre este volcan y el precedente, se hallaá los 51° 32′, un cono volcánico innominado, que, segun el testimonio de Postels, parece apagado como el Hodutka.

El Poworotnaja Sopka (52° 22′) que, segun el capitan Beechey, mide 7,442 pies de altura (90).

El Assatschinskaja Sopka (52° 2′) tuvo grandes erupciones de cenizas, especialmente en 1828.

El Wiljutschinsker (52° 52′), de 6,918 pies de altura segun el capitan Beechey, de 6,330 segun el almirante Lütke, situado al otro lado de la bahía de Torinsk, á 5 millas geográficas solamente del puerto de San Pedro y San Pablo.

El Awatschinskaja ó Gorelaja-Sopka (53° 17′), de 8,360 pies de altura, segun Erman, al cual subieron por primera vez Mongez y Bernizet en la espedicion de La Perouse; despues mi amigo y compañero de viaje á la Siberia,

Digitized by Google

Hofmann, en el viaje de circunnavegacion de Kotzebue, en el mes de Julio de 1824; Postels y Lenz, en la espedicion del almirante Lütke, en 1828, y por último Erman, en Setiembre de 1229. Erman hizo la importante observacion geognóstica de que el traquito rompió, al levantarse, capas silúricas de esquisto y de grauwaca. El Awatschinskaja, de donde continuamente sale humo, dió, en Octubre de 1837, el espectáculo de una espantosa erupcion; habia tenido otra pequeña en el mes de Abril de 1828 (91).

Muy cerca del volcan de Awatscha se levanta el Koriatskaja ó Strjeloschnaja Sopka, á 53° 19′, de 10,518 pies de altura, segun las medidas de Lütke (92). Los habitantes utilizaban todavía en el último siglo la obsidiana que producia esta montaña abundantemente, para adornar la estremidad de sus flechas, como hicieron tambien los Mejicanos, y mas antiguamente los Helenos.

El Jupanowa Sopka, situado, segun las determinaciones de Erman, á los 53° 32′ (93). Su vértice es sensiblemente aplanado, y Erman dice, que esta montaña, en razon al humo que exhala y á su ruido subterráneo, ha sido comparada en todo tiempo al poderoso Schiwelutsch, y colocada entre el número de las montañas ignívomas de cuyas propiedades volcánicas no puede dudarse. Su altura, medida desde el mar por Lütke, se ha evaluado en 8,496 pies.

El Kronotskaja Sopka, de 9,954 pies de altura y situado en el lago de su nombre, á los 54° 8′. La montaña, de forma cónica y terminada por una punta muy aguda, tiene en su vértice un cráter humeante (94).

El volcan Schiwelutsch, á 5 millas al Sud-Este de Jelowka. Esta montaña era casi desconocida antes del viaje de Erman, al cual dió materia para un trabajo importante y muy notable (95). Latitud de la punta setentrional, 56° 40′; altura, 9,894 pies. Latitud de la punta meridional, 56° 39′; altura, 8,250 pies. Cuando Erman verificó la

Digitized by Google

ascension del Schiwelutsch, lo halló exhalando una cantidad considerable de humo. En 1739, se produjeron grandes erupciones y tambien en el intervalo de 1790 á 1810. En las últimas no hubo corrientes de lava, sino eyecciones de rocas volcánicas disgregadas. Segun Dittmar, se hundió el vértice setentrional, en la noche del 17 al 18 de Febrero de 1854, y este accidente fué acompañado de una erupcion de verdaderas corrientes de lava, que no cesó despues.

El Tolbatschinskaja Sopka, que esparce humo abundante, y ofrecia en otro tiempo la particularidad de cambiar con frecuencia las aberturas por donde se escapaban las eyecciones de cenizas. Segun Erman, el Tolbatschinskaja Sopka está á 55° 51′; su altura es de 7,800 pies.

El Uschinskaja Sopka, en íntima comunicacion con el volcan de Kliutschewsk. Latitud 56° 0′; altura 11,000 pies (96).

El Kliutchewskaja Sopka (la tit. 56°4′), el mas alto y activo de todos los volcanes de la península del Kamtschatka, fué esplorado á fondo por Erman, bajo el punto de vista de la geología y de la hipsometría. Segun Kraschenikoff, el Kliutschewsk, tuvo grandes erupciones ígneas de 1727 á 1731 y de 1767 á 1795. El 11 de Setiembre de 1829, Erman durante una ascension peligrosa, vió lanzar al vértice del volcan piedras encendidas, cenizas y vapores, mientras que mucho mas abajo, salia una gran corriente de lava de una falla abierta en la vertiente occidental. La lava del Kliutschewsk es tambien rica en obsidiana. Segun Erman, esta montaña se halla á los 56° 4′ de latitud, y su altura era en Setiembre de 1829, exactamente igual á 14,790 pies (97). En el mes de agosto de 1828, el almirante Lütke encontró, por alturas angulares tomadas en el mar á 40 millas marinas de distancia, 15,480 pies (98). Teniendo en cuenta esta medida, y comparando

Digitized by Google

los escelentes planos del baron de Kittlitz, que acompañó al almirante Lütke en su espedicion al Seniawin, con sus propias observaciones de 1829, Erman llegó á deducir que, en el corto espacio de 13 meses, la forma y la altura del vértice, esperimentaron grandes cambios. Creo, dice Erman (99), que se puede admitir sin temor de equivocarse, que en el mes de agosto de 1828, el vértice estaba 250 pies mas elevado que en el mes de setiembre de 1823, durante mi permanencia en la comarca de Kliutschi, y adoptar para la primera época el número de 15,040 pies. En el Vesubio, tomando por punto de partida de mis medidas, la altura de la Rocca del Palo, punto culminante de la parte setentrional del cráter, tal como la evaluó en 1773 Saussure por medio del barómetro, llegué á conocer que, desde 1773 á 1805, es decir, en 32 años, el borde setentrional del cráter disminuyó 36 pies; pero que, desde 1773 á 1822, es decir en 49 años, parece haberse levantado 96 pies (100). Monticelli y Covelli, hallaron en 1822, 624 toesas para la Rocca del Palo; yo encontré 629, y adopté por último el número de 625 como la evaluacion mas probable. Treinta y tres años despues, en la primavera de 1855, las medidas barométricas del astrónomo de Olmütz, Schmidt, dieron nuevamente 624 toesas (1). ¿Que parte corresponde en esas divergencias á la imperfeccion de las medidas y de la fórmula barométrica? Podrian multiplicarse útilmente las comparaciones de este género y llegar á resultados mas seguros, si en vez de hacer siempre de nuevo todo un conjunto de operaciones trigonométricas, ó de medidas barométricas, que son un procedimiento mas fácilmente aplicable, aunque menos satisfactorio, cuando pueden abordarse los vértices, se determinara solo, para períodos de 25 ó de 50, años la única altura angular del vértice, siempre desde un mismo punto y elegido de modo que fuera sencillo de encontrar, calculando hasta las fracciones de segundos. Teniendo pre-

Digitized by Google

sente el efecto de la refraccion terrestre, aconsejaria yo que se buscara, en cada una de las épocas normales, un término medio entre gran número de observaciones horarias, repetidas durante tres dias. Para no tener únicamente el resultado general de un aumento ó de una disminucion en la altura angular, sino para obtener tambien en pies la cantidad absoluta del cambio producido, bastaria determinar una vez la distancia. ¡Qué manantial tan rico de datos nos suministrarian para los colosos volcánicos de las Cordilleras de Quito, los trabajos suficientemente exactos de Bouguer y de La Condamine, si esos hombres eminentes hubieran podido, cuando menos en algunos puntos, señalar de una manera fija las estaciones desde donde median los ángulos de alturas! Segun Dittmar, el Kliutschewsk quedó completamente en reposo, despues de la erupcion de 1841, hasta 1843, que despertó de su sueño vomitando lavas. El hundimiento del vértice del Schiwelutsch interrumpió nuevamente este periodo de actividad (2).

No he citado, por falta de determinaciones bastante exactas, otros cuatro volcanes indicados en parte por el almirante Lutke y en parte por Postels, y son: el Apalsk, al Sud-Este del pueblo de Bolscheretski; el Schischapinskaja Sopka, á los 55° 11′ de latitud; el cono de Krestowsk, á los 56° 4′ cerca del grupo de Kliutschewsk, y el Uschowsk. La cadena central del Kamtschatka, particularmente en la llanura de las Baidares, á los 57° 20′ de latitud, al Este de Sedanka, ofrece erupciones de lava y escorias que salen de una roca volcánica con frecuencia de un rojo de ladrillo, que ha surgido á su vez de las fallas de la Tierra. Este fenómeno notable, que hace que se asemeje la llanura al suelo de un antiguo cráter, cuyo diámetro hubiera tenido por lo menos una legua, está muy lejos de todo levantamiento de montaña cónica (3). Hay sorprendente analogía entre esta comarca y el Malpais de la meseta me-

Digitized by Google

jicana, estenso y misterioso campo de restos rugosos que he descrito detalladamente (4).

V. ISLAS DEL ASIA ORIENTAL.

Desde el estrecho de Torres, que separa la Nueva-Guinea de la Australia, á 10° de latitud austral, y desde los volcanes humosos de Flores, hasta los mas setentrionales de las Aleuticas, situadas á los 55° de latitud Norte, se estiende un mundo de islas, volcánicas en su mayor parte, que, en la region del Mediodia, ganan mucho en estension, y consideradas, desde un punto de vista general, son, en razon de su conexion primitiva, difíciles de clasificar en grupos distintos. Para empezar por el Norte, veamos primero el arco de círculo formado por las islas Aleuticas (5), que partiendo de la península americana de Alaska, y uniendose á la isla Attu, próxima á la de Cobre y Behering, unen el nuevo continente al antiguo, al mismo tiempo que cierran al Sud el mar de Behering. Mas allá del cabo Lopatka, punta estrema de la península del Kamtschatka, se siguen en direccion Norte á Sud, el archipiélago de las islas Kuriles, que limitan al Este, el mar de Saghalin, ó mar de Okhotsk, célebre por La Perouse; Jézo, que quizás formaba parte en otro tiempo de la isla Karafto, llamada tambien isla Saghalin ó Tchoka (6), y mas allá del estrecho de Tsugar, las tres islas que componen el imperio del Japon: Nifon, Sikok y Kiu-siu, comprendidas segun el escelente mapa de Siebold, entre 41° 32′ y 30° 18′. Desde el volcan Kliutschewsk, el mas setentrional de los que rodean la costa oriental del Kamtschatka, hasta la isla volcánica de Iwogasima, situada en la estremidad Sud del Japon, en el estrecho de Diemen, esplorado por Krusenstern, la actividad volcánica de la Tierra se manifiesta á través de su corteza resquebrajada, siguien-

Digitized by Google

do regularmente la direccion del Nord-Este al Sud-Oeste. Esta direccion se prolonga por la isla Jakuno-sima, que separa los dos estrechos de Van Diémen y de Colnet, y contiene una montaña cónica de 1,780 metros de altura (5478 pies); por el archipiélago designado por Siebold con el nombre de Linschote; por la isla de Azufre del capitan Basil Hall, llamada tambien Lung-Huang-Schan; por el pequeño grupo de Lieu-Khieu y el de Madjikosima, que se aproxima hasta la distancia de 23 millas geográficas á la costa oriental de la isla Formosa (Thaï-wan), á lo largo de la ribera de la China.

La isla china Formosa, situada entre 25 y 26 grados de latitud Norte, es el punto en donde las líneas de levantamiento dejan de seguir la direccion del Nord-Este al Sud-Oeste, para tomar la del Norte á Sud, que conservan hasta 5 ó 6 grados de latitud austral. Esas líneas de levantamiento son fáciles de reconocer en la isla Formosa y en las dos grandes Filipinas, Luzon y Mindanao, donde, en una estension de cerca de 20 grados, cortan, en sentido del meridiano, ya una sola costa, ya las dos costas opuestas. Hállaselas tambien en la costa oriental de la gran isla Borneo, que se une á Mindanao por el archipiélago Sulu, y á Mindoro por la estrecha y larga isla de Palawan; en la parte occidental de las islas tan ricamente articuladas de Célebes y de Gilolo; por último, lo que es particularmente digno de observacion, en el archipiélago volcánico y herizado de corales, de las islas Marianas ó de los Ladrones, levantadas en una falla meridiana que se estiende á 350 millas geográficas del grupo de las Filipinas y bajo la misma latitud, siguiendo una direccion general N. 10° O (7).

Así como hemos señalado en el paralelo de la isla Formosa, rica en hulleras, el punto desde donde la direccion meridiana sucede á la direccion oblícua de las Kuriles, un nuevo sistema de fallas empieza al Sud de Célebes y de

Digitized by Google

las costas meridionales de Borneo, cortado ya por cadenas de montañas trasversales. Las grandes y pequeñas islas de la Sonda, desde Timor-laut hasta la estremidad occidental de la isla Bali, siguen en general, durante el espacio de 18° de longitud, la direccion media del 8° paralelo austral. En la parte occidental de Java, el eje declina ya algo mas hácia el Norte, y va casi del Este-Sud-Este al Oeste-Nor-Oeste. Desde el estrecho de la Sonda hasta la mas setentrional de las islas Nicobar, la falla toma francamente la direccion del Sud-Este al Nor-Oeste. El conjunto del levantamiento volcánico que corre de Este á Oeste y del Sud-Este al Nor-Oeste tiene, segun esto, una estension de 675 millas geográficas próximamente, lo que representa once veces la longitud de los Pirineos. De este número, no contando la pequeña inclinacion de la isla de Java hácia el Norte, siguen la direccion de Este á Oeste 405 millas, y la del Sud-Este al Nor-Oeste 270.

Así, las consideraciones generales á que dan lugar la forma y disposicion de las islas que rodean las costas orientales del Asia pueden aplicarse sin interrupcion á través de esta inmensa comarca de la Oceanía, que comprende 68 grados de latitud, desde las islas Aleuticas y el mar de Behering, hasta las Molucas é islas de la Sonda. Donde especialmente se despliegan las formas mas variadas, es en la zona que se estiende 5 grados al Norte y 10 grados al Sud del ecuador. La direccion en que han sido levantadas las grandes islas, se reproduce por una maravillosa coincidencia en grupos próximos de menor estension. Así, cerca de las costas meridionales de Sumatra, está colocada paralelamente una larga hilera de islas. El mismo fenómeno se presenta en pequeño en los filones metálicos; y en grande, en las cadenas de montañas que atraviesan continentes enteros. Generalmente cadenas acom-

Digitized by Google

pañantes, desmembramiento de la principal, corren á grandes distancias unas de otras, revelando las idénticas causas que las han producido, y una direccion comun, que imprime á las arrugas de la Tierra la actividad volcánica. El conflicto de las fuerzas desencadenadas á través de las fallas abiertas simultáneamente en sentido inverso, parece haber originado á veces configuraciones estravagantes, que se han hecho mas notables por su aproximacion; tales son, entre las Molucas, las de Célebes y de Gilolo.

Despues de haber manifestado el íntimo lazo que, geológicamente hablando, une los sistemas insulares del Este y del Sud de Asia, señalaremos en la isla Formosa, á 24° de latitud boreal, el límite meridional del sistema del Asia oriental, ó en otros términos el punto en que el eje, abandonando la direccion de Nord-Este á Sud-Oeste, toma la de Norte á Sud. Esta division y nomenclatura geográfica, aunque algo arbitrarias, se hallan consagradas por el uso. Vamos á ocuparnos de nuevo mas detalladamente de los diferentes grupos enumerados antes, empezando por las mas orientales de las islas Aleuticas, que pertenecen al continente de América mas que al de Asia.

Las islas Aleuticas, ricas en volcanes, comprenden de Este á Oeste: las islas de los Zorros, entre las cuales están las mayores de todo el archipiélago: Unimak, Unalasckha y Umnak; las Islas Andrejanowski, de las que la mas célebres son: Atcha con tres volcanes humosos, y el poderoso volcan de Tanaga, cuya figura ha dado ya Sauer; las islas Ratas y las islas Blynia, situadas á alguna distancia. A este grupo pertenece la isla Attu, que, como he dicho antes, une las islas Aleuticas al grupo del Comendador, es decir á las islas de Cobre y de Behering, próximas á las costas del Asia. La opinion frecuentemente repetida, de que las cadenas volcánicas dirigidas del Nor-Nordeste

Digitized by Google

al Sud-Sud-Oeste empiezan, en la península del Kamtschatka, en el lugar en que la falla sobre la cual están levantadas las islas Aleuticas forma una interseccion submarina con la península á que parece preparar el camino, es poco fundada. Segun el mapa del mar de Behering, del almirante Lütke, la isla Attu, estremidad occidental del arco descrito por las Aleuticas, está situada bajo el paralelo de 52° 46′. La isla de Cobre y la de Behering, ambas desprovistas de volcanes, se estienden entre 54° 30′ y 55° 20′, y la cadena volcánica del Kamtschatka comienza ya bajo el paralelo de 56° 40′, con el gran volcan de Schiwelutsch, al Oeste del cabo Stolbowoy. La direccion de las fallas eruptivas es tambien muy diferente y casi opuesta. En la isla de Unimak es donde existe el volcan mas alto de las islas Aleuticas, y cuenta, segun Lütke, 7,578 pies. Cerca de la estremidad setentrional de Umnak, la isla de Agaschagokh ó de *Sanctus theologus Johannes*, que permaneció cerca de ocho años encendida, se levantó sobre el mar, en el mes de mayo de 1796, con circunstancias muy notables, bien descritas en el Viaje de Descubrimiento de Kotzebue. (8). Segun narracion de Krusenstern, el perímetro de esta isla era de 4 millas geográficas, y tenia aun 2,100 pies de altura. En la isla de Unalaschka, es donde especialmente un sabio, familiarizado con el estado actual de la Geología, y capaz de analizar seguramente la composicion de las rocas, podria estudiar las relaciones señaladas por el ingenioso Chamisso, entre el traquito rico en anfibol del volcan Matuschkin, de 5,136 pies de altura, lo que parece pórfiro negro, y el granito, próximo al pórfiro. La isla de San Pablo, una de las dos que componen el grupo Pribytow, situado aisladamente en el mar de Behring, es volcánica en alto grado; la lava y la piedra pomez abundan en ella. Por el contrario la isla de San Jorge, solo contiene granito y gneis.

Digitized by Google

Segun el censo mas completo que tenemos hasta ahora, las 240 millas geográficas porque se estiende la larga fila de las islas Aleuticas, contienen mas de 34 volcanes, que han dado pruebas de su actividad en épocas relativamente recientes. Asi, de 54 á 60 grados de latitud y de 162 á 198 grados de longitud occidental, el suelo del mar forma entre dos grandes continentes, una eminencia cuya energía volcánica se ocupa incesantemente en crear ó destruir. ¡Cuantas islas han desaparecido inmediatamente despues de su aparicion sobre la superficie del mar, en el trascurso de los siglos, como por ejemplo, las Azores! ¡Cuantas otras, levantadas de mucho tiempo sobre las olas, han desaparecido totalmente ó en parte, sin que las observara nadie! La estensa fila de las islas Aleuticas ofrece, para la mezcla de pueblos y emigraciones de razas, una senda de 13 á 14 grados mas meridional que el estrecho de Behering; este camino es el que parece que atravesaron los Tchuktchi, cuando emigraron de América al Asia, y penetraron mas allá del rio Anadir.

El archipiélago de las Kuriles, desde la estremidad del Kamtschatka hasta el cabo Brughton, en la punta Nord-Este de la isla Jezo, presenta, en una longitud de 180 millas geográficas, 8 ó 10 volcanes, de los que la mayor parte están todavía en actividad. El mas setentrional, situado en la isla Alaid, y célebre por las grandes erupciones de 1770 y de 1793, merece que por fin sea medido con exactitud, puesto que se evalúa su altura en 12 ó 14,000 pies. La isla Mataua, á que pertenece el pico Sarytschew, mucho menos elevado, y que no tiene, segun Horner, mas que 4,227 pies, ha dado pruebas tambien de gran energía volcánica, como las Kuriles japonesas: Urup, Itorup y Kunachir.

Despues de las Kuriles, sigue la isla Jezo y las tres grandes del Japon, acerca de las cuales puso á mi disposi-

Digitized by Google

cion el célebre viajero Siebold, un importante trabajo, que me permitió rectificar lo que pude aventurar inexactamente en mis *Fragmentos de Geologia y de Climatologia asiáticas*, y en el *Asia central*, apoyado en la *Enciclopedia japonesa* (9).

La gran isla Jezo, situada entre 41° 30′ y 45° 30′ de latitud, de forma muy rectangular en su parte setentrional, y separada de la isla Nifon por el estrecho de Sangar ó Tsugar, de la isla Karafto (Karafu-to) por el estrecho de La Perouse, cierra con su cabo Nord-Este el archipiélago de las Kuriles. Pero á poca distancia del cabo Romanzow, que es la estremidad Nor-Oeste de la isla, y se adelanta grado y medio mas hácia al Norte en el estrecho de La Perouse, se encuentra, á los 45° 11′, una montaña volcánica que pertenece á la pequeña isla Risiri, el pico de Langle, de 5,020 pies de altura. Jezo misma parece atravesada por una cadena volcánica, desde la bahía de Brughton hasta el cabo Norte; hecho tanto mas notable cuanto que en la estrecha isla de Krafto, que es la prolongacion de Jezo, los naturalistas agregados á la espedicion de La Perouse hallaron la bahía de Castries cubierta de lavas rojas porosas y escorias. Siebold cuenta, en la isla Jezo, diez y siete montañas cónicas, que en su mayor parte son volcanes apagados. El Kiaka, llamado por los Japoneses Usuga-take, es decir, Montaña del Mortero, á causa de la profunda depresion del cráter, parece estar aun inflamada, como el Kajo-hori; por lo menos Perry vió desde la bahía de los Volcanes, dos montañas volcánicas cerca del puerto Endermo, á los 42° 17′ de latitud. La alta montaña de Manye, designada por Krusenstern con el nombre de Palas, está en medio de la isla Jezo, á los 44° de latitud próximamente, algo al Este-Nord-Este de la bahía Strogonow.

Los historiadores del Japon no citan mas que seis vol-

Digitized by Google

canes activos, antes ó despues de la era cristiana: dos en la isla Nifon y cuatro en la isla Kiu-Siu. Los volcanes de la isla Kiu-Siu, la mas próxima á la península de Corea, son, subiendo de Sud á Norte, el volcan Mitake, que se levanta sobre el islote de Sayura-sima, en la bahía de Kagosima, abierta al medio dia, y forma parte de la provincia de Satsuma (lat. 31° 33′, long. 128° 21′); el volcan Kiorisima, en el distrito Naka, de la provincia Fuga (lat. 31° 45′); el volcan Aso-jama, en el distrito Aso, de la provincia Figo (lat. 32° 45′); el volcan Wunzen, en la península Simabara y en el distrito Takaku (lat. 32° 45′). Segun una medida barométrica, el Wunzen no tiene mas de 1,253 metros ó 3,856 pies; es superior en 100 pies escasamente al punto culminante del Vesubio, la Rocca del Palo. La mas violenta de las erupciones del Wunzen, cuyo recuerdo ha conservado la historia, es la del mes de Febrero de 1793. Wunzen y Aso-jama están ambos al Este-Sud-Este de Nangasaki.

El mas setentrional de los volcanes de la gran isla Nifon es el Fusi-jama, á cuatro millas geográficas á lo mas de la costa meridional, en la provincia Suruga y el distrito Fusi (lat. 35° 18′, long. 136° 15′). La altura de ese volcan, medida, como la de Wunzen, por jóvenes japoneses, discípulos de Siebold, tiene 3,793 metros ú 11,675 pies; pues cerca de 300 pies mas elevado que el pico de Tenerife, con el cual Kæmpfer lo habia comparado ya (10). El levantamiento de esta montaña cónica, que se refiere al quinto año del reinado de Mikado VI (286 antes pe nuestra era), se describe en los términos siguientes, notables bajoel punto de vista geológico: «Una vasta estension de terreno desciende hácia la comarca de Omi; formase un lago, y el volcan Fusi aparece.» Las erupciones mas características que se han producido á partir de la era cristiana, son las de los años 799, 800, 863, 937, 1032, 1083 y 1707.

Digitized by Google

Desde esta última época descansa el volcan. Mas al Norte está el Asama-jama, el mas central de los volcanes activos del interior del país. El Asama-jama, en el distrito de Saku, de la provincia Sinano, á los 36° 32′ de latitud, 136° 18′ de longitud, es decir, entre los meridianos de las dos ciudades principales Mijako y Jedo, está á 20 millas geográficas de la costa Sud-Sud-Este, á 13 millas de la costa Nor-Nor-Oeste. En 864, el Asama-jama tuvo una erupcion al mismo tiempo que el Fusi-jama. La del mes de Julio de 1783 fué mas violenta y funesta que ninguna otra. Despues, no ha vuelto á interrumpirse la actividad del Asama-jama.

Además de esos volcanes, los navegantes europeos han observado dos pequeñas islas con cráteres humeantes: la primera es la de Iwoga-sima ó Iwosima, esto es, la isla de Azufre: *sima* significa isla, *iwo* azufre; *ga* es simplemente un afijo del nominativo. Krusenstern la llama isla del Volcan. Iwosima, situada al Sud de Kiu-siu, en el estrecho de Diemen, á los 30° 43′ de latitud boreal, 127° 58′ de longitud occidental, no dista mas de 54 millas inglesas del volcan de Mitake; su altura es de 2,220 pies (715 metros). Linschoten la menciona ya en 1596. «La isla Iwo-sima, dice, contiene un volcan que es una montaña de azufre ó de fuego.» Esta isla está indicada tambien en los mas antiguos mapas marinos de los Holandeses, bajo el nombre de *Vulcanus* (11). Krusenstern la vió arrojar humo, en 1804. El capitan Blake gozó de igual espectáculo en 1838; y Guerin y de la Roche Poncié, en 1846. Segun este último navegante, la altura del cono es de 2,218 pies (715 metros). Este islote de roca, citado como volcan por Landgrebe, en su *Historia natural de los volcanes*, segun el testimonio de Kæmpfer (12), que lo coloca cerca de Firato ó Firando, es indudablemente Iwo-sima; porque el grupo á que Iwo-sima pertenece, se llama Kiu-siu-ku-sima,

Digitized by Google

que significa las 9 islas de Kiu-siu, y no las 99 como se ha dicho; no existe semejante archipiélago cerca de Firato, al Norte de Nagasaki, ni en ninguna otra parte del Japon. Por último, sigue en cuarto lugar la isla Ohosima ó de Barneveld (isla de Vries de Krusenstern); forma parte de la provincia Idsu, en la isla Nifon, y está situada delante de la bahía de Wodawara, á los 34° 42′ de latitud boreal y 137° 4′ de longitud oriental. Broughton vió salir humo del cráter en 1797; poco tiempo antes habia tenido lugar una erupcion muy considerable. Ohosima es el punto de partida de una hilera de islotes, agrupados en la direccion del Sud hasta Fatri-sjo, á los 33° 6′ de latitud Norte, cuyo eje se prolonga hasta las islas Bonin, tambien á los 26° 30′ de latitud Norte, y 139° 45′ de longitud Este. Esas islas, segun Postels, son asimismo volcánicas, y se han quebrantado por violentos temblores de Tierra (13).

Tales son los ocho volcanes que dieron pruebas de su actividad en los tiempos históricos, pertenecientes al Japon propiamente dicho, ó situados en las islas Kiu-siu y Nifon, ó en las cercanías de estas islas. Aparte de esos volcanes, puede tambien citarse una fila de montañas cónicas, de las cuales algunas, caracterizadas de una manera manifiesta por cráteres abiertos á gran profundidad, parecen volcanes apagados há mucho tiempo. Tal es el cono Kaimon, el pico Horner de Krusenster, en la parte mas meridional de la isla Kiusiu, en la provincia Satsum, en la costa del estrecho de Diemen (lat. 31° 9′). Seis millas geográficas separan apenas esta montaña del volcan activo de Mitake, que se levanta al Nor-Nord-Este. Tal es tambien en la isla de Sikok, el Kofusi ó pequeño Fusi, en el islote de Kutsuna-sima, de la provincia de Ijo, á los 33° 45′ en la costa oriental del gran estrecho Suwo-Nada ó *Van der Capellen*, que divide las tres grandes partes del imperio japonés: Kiu-siu, Sikok y Nifon. La mas importante

Digitized by Google

de esas islas, Nifon, contiene nueve conos, probablemente traquíticos, que siguen la direccion Sud-Oeste á Nord-Este, y de los que son los mas notables: Sirā-jama, ó Montaña Blanca, en la provincia Kaga, á los 36° 5′, que, como el Tsjo-kaisan de la provincia Dewa (latitud 39° 10′), está considerado como superior al Fusi-jama meridional, que se eleva ya á mas de 11,600 pies. Entre el Sira-jama y el Tsjo-kaisan se encuentra, en la provincia Jetsigo, á 36° 53′, el Jaki-jama, ó Montaña de las Llamas. Las dos montañas cónicas mas setentrionales que se levantan sobre los lados del estrecho de Tsugar, en frente de la gran isla Jezo, son: el Iwaki-jama, á los 40° 42′ de latitud, el pico Tilesius de Krusenstern, que ha merecido inmortal reconocimiento de los sabios por sus estudios sobre la geografía del Japon, y el Jake-jama, ó Montaña ardiente, á los 41° 20′, en la punta Nord- Este de Nifon, en la provincia de Nambu. Esta montaña ha arrojado llamas desde los tiempos mas antiguos.

A pesar de la analogía de configuracion que se nota entre la península del Kamtschatka y la de Corea ó Corai, que se une casi con la isla de Kiu-siu, por las de Tsu-sima y de Iki, bajo los paralelos de 34° y de 34° 30′, no se ha descubierto hasta aquí volcan alguno en la parte occidental de esta península. La actividad volcánica de la comarca parece estar circunscrita á las islas vecinas. Así, en 1007, se vió surgir del fondo del mar el volcan Tsinmura, llamado por los chinos Tanlo. Un sabio, Tienkong-tschi, fué enviado para describir el fenómeno y dibujar su figura (14). Donde las montañas afectan generalmente la forma cónica, es sobre todo, en la isla Sehe-sure (el *Quelpaerts* de los Holandeses). Segun La Perouse y Broughton, la montaña central tiene una altura de 6,000 pies. Faltan muchos elementos volcánicos por descubrir en este archipiélago occidental, cuyo jefe, que es al mismo tiempo rey de la

Digitized by Google

península de Corea, se llama soberano de 10,000 islas.

Del pico Horner (Kaimon-ga-take), situado en la costa Sud-Oeste de la isla Kiu-siu, en el reino insular del Japon, parte un arco de círculo descrito por una hilera de pequeñas islas volcánicas, cuya abertura está dirigida hácia el Oeste y que contiene: entre los estrechos de Diémen y de Colnett, á Jakuno-sima y Tanega-sima; al Sud del estrecho de Colnett, en el grupo de las Linschoten de Siebold (el archipiélago Cecilio del capitan Guérin), que se estiende hasta el paralelo 29°, la isla Suwase-sima (la isla del Volcan del capitan Becher), á los 29° 39′ de latitud, 127° 21′ de longitud, y que se eleva, segun la Roche Poncié, á 2,630 pies ú 855 metros de altura (15); despues, la isla de Azufre de Basil-Hall (Sulfur-Island), llamada Tori-sima ó isla de los Pájaros por los Japoneses, Lung-Hoang-schan, por el Padre Gaubil, á los 27° 51′ de latitud, 125° 54′ de longitud, segun las medidas astronómicas del capitan de la Roche Poncié (1848). Como esta isla lleva tambien el nombre de Iwo-sima, es preciso no confundirla con su homónima, situada mas al Norte, en el estrecho de Diémen. La isla de Azufre fue muy bien descrita por Basil Hall. Adelantando hácia el Sud, entre los paralelos, 26 y 27 se encuentra el grupo de Lieu-khieu ó Lew-Chew, denominado Loo-Choo por los indígenas, del cual publicó un mapa especial Klaproth, en el año 1824. Por último, hácia el Sud-Oeste, está el pequeño archipiélago de Madschiko-sima, que se estiende hasta la gran isla Formosa, y que consideraria yo como estremidad de las islas del Asia oriental. Cerca de la costa oriental de Formosa, á los 24° de latitud, el teniente Boyle observó, desde el mar, una gran erupcion volcánica en el mes de Octubre de 1853. En las islas Bonin, llamadas Buna-sima por los Japoneses, y situadas entre 26° 30′ y 27° 45′ de latitud, bajo el meridiano de 139° 55′, la isla

Digitized by Google

de Peel tiene hoy muchos cráteres, rodeados de gran cantidad de azufre y escorias, que parecen apagadas ha poco tiempo (16).

VI. ISLAS DEL ASIA MERIDIONAL.

Comprendemos bajo esta denominacion la isla Formosa (Thaï-wan), las Filipinas, las de la Sonda y las Molucas. Klaproth, ha sido el primero que ha dado á conocer los volcanes de Formosa, segun las fuentes chinas, siempre tan abundantes en minuciosas descripciones de la Naturaleza (17). Formosa contiene cuatro volcanes, entre ellos el Tschykang, ó Montaña Roja, que tuvo grandes erupciones inflamadas, y en el cual existe un cráter-lago lleno de aguas abrasadoras. Las pequeñas islas Baschi y las Babuyanas, que, segun el testimonio de Meyen, dieron aun en 1831 una violenta erupcion de llamas, establecen relaciones entre Formosa y las islas Filipinas, de las cuales las mas pequeñas y mas profundamente escotadas son las mas ricas en volcanes. Buch cuenta 19 montañas cónicas de altura considerable, llamadas en el país *Volcanes*, una parte de las cuales solo está compuesta probablemente de cúpulas traquíticas cerradas. Dana cree que no quedan ya en la region meridional de la isla de Luzon, mas que dos volcanes inflamados: el Taal, que se levanta en la *laguna de Bongbong*, y tiene en su cumbre un circo que á su vez contiene otra laguna (18); y en la parte Sud de la península Camarines, el volcan Albay ó Mayon, denominado por los indígenas Isaroe. El Albay, de 3,000 pies de altura, presentó grandes erupciones en 1800 y 1814. En la parte setentrional de Luzon, encuéntrase granito en abundancia, esquisto micáceo, y tambien formaciones sedimentarias y hulla (19).

Digitized by Google

La larga fila de las islas Sulu ó Solo, que por lo menos comprende cien islas, y une á Mindanao con Borneo, está surcada en parte por arrecifes de corales, y es en parte volcánica; pero conviene no olvidar que los picos aislados, traquíticos y de forma de conos, son conocidos por los Españoles con el nombre de *Volcanes* aunque estén cerrados en el vértice.

Si, tomando por guia el gran trabajo del doctor Junghuhn, se traza la exacta enumeracion de todos los elementos volcánicos comprendidos á partir de la estremidad meridional de las Filipinas ó del 5.° grado de latitud boreal, entre el meridiano de las islas Nicobares y el que atraviesa la costa occidental de la Nueva-Guinea, es decir, en el espacio ocupado por las grandes y pequeñas islas de la Sonda y por las Molucas, halláse que, en esta guirnalda de islas que rodean la casi continental de Borneo, existen 109 montañas ignívomas, y 10 volcanes de cieno; no siendo esta aproximada evaluacion sino resultado de cálculos rigorosos.

Hasta ahora ignoramos á qué atenernos sobre la existencia de volcanes activos en la isla Borneo, la *Giava Maggiore* de Marco Polo (20). Cierto es que solo se conocen todavía zonas estrechas del litoral. Al Nor-Oeste, se ha esplorado únicamente la comarca que se estiende hasta la pequeña isla costera de Labuan y cabo Balambangan; al Oeste, háse visitado la embocadura del Pontianak, y en la estremidad Sud-Este, el distrito Banjermas-sing, á donde se llegó por el atractivo de las lavaduras de oro, diamante y platino que allí se suponen. No es creible que la montaña mas alta de Borneo, y quizá de toda la region insular que se despliega al Sud del Asia, el Kina-Bailu, cuya doble cumbre se levanta cerca de la punta setentrional de la isla, á 8 millas geográficas solamente de la costa de los Piratas, deba considerarse como volcan. El capitan Belcher evalúa la altura del Kina-Bailu en 12,850 pies; 4,000 mas

Digitized by Google

que el Gunung Pasaman (Ofir), de Sumatra (21). Por otra parte, Rajah Brooke cita, en la provincia Sarawak, una montaña mucho menos alta, cuyo nombre malayo, Gunung Api, es decir, Montaña de Fuego, acredita, como las escorias esparcidas en los alrededores, que en otro tiempo fue volcan activo. Grandes depósitos de arenas de oro, comprendidos entre fragmentos de filones de cuarzo, las lavaduras de estaño que se encuentran en las dos orillas opuestas de los rios, y el pórfiro rico en feldespato de las montañas de Sarambo, indican una estension considerable de lo que se ha convenido en llamar rocas primitivas y rocas de transicion (22). Segun las observaciones del doctor Horner, hijo del sabio astrónomo de Zurich, únicas que emanan de un geólogo y á que podremos prestar fé, muchas lavaduras, esplotadas con éxito en la parte Sud-Este de Borneo, presentan tambien, como en el Ural sibérico, oro, diamantes, platino, osmium é iridium; sin embargo, hasta ahora no se ha encontrado en ellas paladium. Muy cerca de allí, en la cadena de los Ratuhs, de 3,200 pies de altura, existen formaciones de serpentina, gabbro y sienita (23).

De las otras tres grandes islas de la Sonda, Sumatra, Java y Célebes, la primera posee, segun Junghuhn, seis ó siete volcanes aun en actividad; Java de veinte á veintitres, y Célebes once; en la isla menos importante de Flores se cuentan seis. Hemos tratado ya detalladamente de los volcanes de Java (24). En la isla de Sumatra, que todavía no ha sido esplorada por completo, de diez y nueve montañas de forma de cono y apariencia volcánica, seis han conservado positivamente su actividad (25), y son: el Gunung-Indrapura, de 11,500 pies de elevacion próximamente, segun alturas angulares tomadas sobre el Océano, cifra que la iguala á la del Semeru ó Maha-Meru de Java, de que se tienen medidas mas exactas; el Gunung-Pasaman, llamado tambien Ofir, que tiene 9,010 pies de altura y un

Digitized by Google

cráter casi apagado, al cual subió el doctor Horner; el Gunung-Salasi, rico en azufre, que arrojó escorias en 1833 y 1845; el Gunung-Merapi, el mas activo de todos los volcanes de Sumatra, de 8,980 pies de altura, á cuya cima llegó tambien el doctor Horner en 1834, con el doctor Korthals. Este volcan, no debe confundirse con otros dos del mismo nombre, pertenecientes á la isla de Java (26); el Gunung-Ipu, montaña que arroja humo, y tiene la forma de cono truncado; por último, en el distrito interior de Benkulen, el Gunung-Dempo, cuya altura se evalúa en 10,000 pies.

Cuatro islotes compuestos de conos traquíticos de los cuales los mas elevados son, el pico Rekata y el Panahitam, en la isla de los Príncipes, unen la cadena volcánica de Sumatra á la apretada fila de los volcanes javaneses: de igual modo, en la estremidad opuesta, Java y su volcan de Idjen se juntan á la larga cadena de las pequeñas islas de la Sonda, por el Gunung-Batur y el Gunung-Agung, volcanes activos de la isla Bali. Despues vienen, al Este de Bali: la montaña humeante de Rindjani, situada en la isla Lombok, que, segun la medida trigométrica de Melville de Carnbe, tiene 11,600 pies; y el Temboro, en la isla Sumbawa ó Sambawa, que cuenta 5,500. En el mes de Abril de 1815, oscurecióse la atmósfera alrededor del Sambawa por una erupcion de cenizas y de pomez, de las mas considerables que recuerda la historia (27). La isla Flores contiene seis volcanes, muchos de los cuales arrojan aun humo.

La gran isla Célebes, que estiende por todas partes sus largos brazos, comprende tambien volcanes algunos de los cuales se hallan aun en actividad. Todos están reunidos en la estrecha península de Menado, que forma la parte Nord-Este de la isla. Cerca de esos volcanes, brotan fuentes sulfurosas en ebullicion. En una de estas fuentes, situada en el camino

Digitized by Google

de Sonder á Lamovang, cayóse un infatigable viajero, libre observador de la Naturaleza, mi amigo el conde piamontés Cárlo Vidua, cuyas quemaduras le produjeron la muerte. Así como en las Molucas, la pequeña isla Banda está formada únicamente del volcan Gunung-Api, de 1,700 pies de altura escasamente, cuya actividad se sostuvo desde 1586 á 1824, la isla Ternata, aunque mayor, se compone tambien de una montaña cónica de 5,400 pies de altura, el Gunung-Gama-Lama, cuyas violentas erupciones se sucedieron de 1838 á 1849, despues de una calma completa de mas de ciento cincuenta años, y han sido descritas en épocas muy diferentes. Segun Junghuhn, en la erupcion del 3 de Febrero de 1840, salió una corriente de lava por medio de una falla, cerca del fuerte Toluko, y continuó su curso hasta el rio (28), «ya se formara la lava de una masa coherente y enteramente liquefactada, ó de fragmentos inflamados, precipitados á través de la llanura por la presion de la masas que les seguian». Si á las montañas cónicas que hemos citado por razon de su importancia se unen los numerosos y muy pequeños islotes volcánicos que no pueden menos de mencionarse aquí, se halla que el número de todas las motañas ignívomos situadas al Sud del paralelo del cabo Serangani, en la isla de Mindanao, una de las Filipinas, entre el meridiano del cabo Nor-Oeste de la Nueva-Guinea, y el que atraviesa los grupos de las islas Nicobar y Andaman, se eleva, como ya he indicado antes, á 109 (29). De esa cifra corresponden á la isla de Java, 45 volcanes, en su mayor parte cónicos y provistos de cráteres; pero de estos 45, solo 21, y del total 109, solo 42 ó 45, puede decirse que han dado en nuestros tiempos, ó en los históricos, pruebas de actividad. El poderoso pico de Timor, servia antiguamente de faro á los navegantes, como Stromboli. En la pequeña isla de Pulu-Batu, llamada tambien Pulu-Komba, algo al Norte de Flores, vióse un

Digitized by Google

volcan arrojar lavas inflamadas hasta la superficie del mar, en 1850. Ya en 1812, el Pico de la isla Sangir, mas estensa que Pulu-Batu, y situada entre Magindanao y Célebes, habia dado el mismo espectáculo, que se renovó últimamente en la primavera de 1856. Junghuhn duda que el célebre cono Wawan ó Ateti, en la isla Amboina, arrojara en 1674 otra cosa que lavas encendidas, y actualmente coloca la isla entre las sulfataras. El gran grupo de las islas del Asia meridional se une, por la parte occidental de las islas de la Sonda, á las de Nicobar y Andaman del Océano Indico; por las Molucas y las Filipinas, á las islas Papuas, á las Pelew y Carolinas del mar del Sud. Examinaremos primero los grupos menos numerosos y mas diseminados del Océano Indico.

VII. ISLAS DEL OCÉANO INDICO.

Bajo el nombre de Océano Indico, desígnase el espacio que existe entre las costas occidentales de la península Malaca ó de las Birmanes, y las costas orientales del Africa. Este mar comprende por tanto, en su parte setentrional, el golfo del Bengala, el Arábigo y el mar de Etiopía. Seguiremos la actividad volcánica del Océano Indico, yendo del Nord-Este al Sud-Oeste.

Barren Island, isla Desierta, situada en el golfo de Bengala, algo al Este de la gran isla de Andaman, á los 12° 15′ de latitud, puede citarse con justicia como cono activo de erupcion; alzándose este de en medio de un cráter de levantamiento. El mar penetra por una pequeña abertura y llena un estanque interior. Este islote, descubierto en 1791 por Horsbourgh, ofrece un espectáculo en estremo instructivo para la teoría de la formacion de las andamiadas volcánicas. Se ve allí en estado completo y permanente, lo que

Digitized by Google

en la isla Santorin y en otros puntos del globo, presenta pasajeramente la Naturaleza (30). En el mes de Noviembre de 1803, las erupciones se mostraban regularmente periódicas, como la del Sangay, en las Cordilleras de Quito; siendo los intervalos de diez minutos (31).

La isla Narcondam, á los 13° 24′ de latitud, al Norte de *Barren-Island*, ha dado pruebas tambien en otro tiempo de su actividad volcánica, lo mismo que el cono de la isla Cheduba, mas setentrional aun y situada cerca de la costa de Arracan, á los 10° 52′ (32).

A juzgar por la acumulacion de las corrientes de lava, el volcan mas activo, no solo del océano Indico, sino tambien de casi de todo el hemisferio austral, comprendido entre los meridianos de las costas occidentales de la Nueva Holanda y de las orientales de la América, es el volcan de la isla Borbon, en el grupo de las Mascarinas. La mayor parte de la comarca, sobre todo la que se estienda al Oeste y en el interior de la isla, es basáltica. Filones de basalto mas recientes y pobres en olivina atraviesan la roca mas antigua, donde abunda por el contrario la olivina. El basalto contiene tambien capas de lignito. Los puntos culminantes de la isla son el Gran Marne y las tres Salazas, cuya altura evaluaba Lacaille en 10,000 pies. Actualmente la actividad volcánica se halla concentrada en la parte Sud-Este, llamada el Gran Pais quemado. Segun el testimonio de Hubert, el volcan de Borbon arroja cada año dos corrientes de lava, que generalmente se juntan en el mar. La cumbre de la montaña tiene, segun las medidas de Berth, 7,507 pies de altura (33), y presenta muchos conos, que llevan nombres particulares y entran en erupcion por turno. Las emisiones son raras en el vértice. Las lavas contienen feldespato vítreo, siendo por consiguiente mas traquíticas que basálticas. Las lluvias de cenizas dan con frecuencia olivina en largos y separados hilos, fenómeno que vuelve á pre-

Digitized by Google

sentarse en el volcan de Owaihi. En 1821 se produjo una gran erupcion de esos hilos vítreos, que cubrió toda la superficie de la isla Borbon.

Cerca de allí, está situada la gran *Terra incógnita* de Madagascar, de la que solo se conocen dos cosas: la existencia de un gran depósito de piedra pomez junto á Tintinga, frente á la isla francesa de Santa María, y la presencia del basalto en del granito y el gneiss, al Sud de la bahía de Diego Suarez, cerca del cabo de Ambar, situado en la estremidad setentrional de la isla. La parte meridional de la cumbre central de los montes Ambostimenos, tiene á lo que se cree, una altura de 10,000 pies, pero esta apreciacion es cierta. Al Oeste de Madagascar, en la estremidad del canal de Mozambique, la mayor de las islas Comoras contiene un volcan encendido (34).

La pequeña isla volcánica de San Pablo, al Sud de la de Amsterdam, á los 38° 38′, está reputada como volcánica, no solo á causa de su configuracion, que recuerda por rasgos característicos las de Santorin, *Barrend Island* y *Deception Island* en el Grupo del Schetland austral, sino tambien por las erupciones de llamas y vapores que se han observado allí muchas veces en los tiempos modernos. El pintoresco dibujo que de dicha isladió Valentyn en su obra sobre las islas Banda, con motivo de la espedicion de Vlaming (noviembre 1696), concuerda perfectamente, como la determinacion de las latitudes, con las representaciones gráficas que contiene Atlas de la espedicion de Macartney, y con el trazado del capitan Blackwood (1842). La bahía, redondeada en forma de cráter y de una milla inglesa próximamente de estension, está rodeada por todas partes de rocas abiertas á pico interiormente, á escepcion de una pequeña grieta que da paso á la marea ascendente. Las rocas que constituyen los lados del cráter, bajan por una pendiente poco sensible casi hasta el nivel de la isla (35).

Digitized by Google

La isla de Amsterdam, situada 50 minutos mas al Norte (37° 48′), consiste, segun los dibujos de Valentyn, en una montaña separada, muy cubierta y algo redonda, cuya cima mas alta soporta una pequeña roca cúbica, casi igual al Cofre de Perote, de la meseta mejicana. En la espedicion de Entrecasteaux (Marzo de 1792), se vió durante dos dias envuelta la isla en llamas y humo. El olor que de allí se exhalaba hizo creer en el incendio de un bosque y en un abrasamiento subterráneo. Parecia tambien que cerca de la costa se veian salir de uno y otro lado del suelo columnas de vapor. Sin embargo, los sabios que iban en la espedicion opinaron resueltamente que este misterioso fenómeno no debia referirse á la actividad volcánica de la montaña (36). Es mas seguro remontarse mas, y citar como testimonio de la energía volcánica, en la isla de Amsterdam, las capas de piedra pomez que Valentyn cita ya, segun el Diario de bordo de Vlaming, fechado en 1696.

Al Sud-Este de la estremidad del Africa se hallan la isla de Marion ó del príncipe Eduardo (lat. 47° 2′) y *Possession Island* (lat. 46° 28′, long. 49° 36′), que forman parte del grupo Crozet. Ambas á dos tienen como rasgos de una actividad volcánica agotada, pequeñas montañas de figura de conos, con cráteres de erupcion rodeados de columnatas basálticas (37).

Mas al Este, casi bajo la misma latitud, se encuentra la isla de Kerguelen, la *Island of desolation* del capitan Cook, cuya primera descripcion geológica se debe á la feliz y fecunda espedicion de Ross. En el sitio llamado por Cook Christmas Harbour (lat. 48° 41′, long. 66° 42′), están resueltos con lavas basálticas troncos de árboles fósiles, de muchos piés de diámetro. Admírase tambien en el mismo lugar el pintoresco *Arched Rock*, que abre paso natural en un estrecho muro de basalto. Cerca de allí existen montañas cónicas, con cráteres apagados, de las

Digitized by Google

cuales, las mas altas, miden 2,500 pies, masas de grunstein y de porfiro atravesadas por filones de basalto, y cerca de *Cumberland Bay* mandelstein con incrustaciones de cuarzo. Son allí lo mas notable, las numerosas capas de carbon cubiertas de rocas de trapp, quizá de dolerita, como en Meissner en el ducado de Hesse, y que, partiendo de un espesor de algunas pulgadas, alcanzan una fuerza de cuatro pies (38).

Si se dirige una ojeada general á las islas del Océano Indico, vese la larga fila de las islas de la Sonda, despues de inclinarse hácia el Nor-Oeste, en el nacimiento de la isla de Sumatra, prolongarse por las Nicobar y por las grandes y pequeñas Andamans, al mismo tiempo que los volcanes de Barren Island, Narcondam y Cheduba corren casi paralelamente á las costas de Malaca y de Tanasserim, y penetran en la parte oriental del golfo de Bengala. No hay isla alguna en la region occidental del golfo que se estiende á lo largo de las costas de Orissa y de Coromandel; porque Ceylan, como Madagascar, tiene un carácter mas continental que insular. En frente de la ribera que guarnece la Oeste la península de la parte de acá del Ganges, la larga hilera que forman de Norte á Sud, desde 14° de latitud boreal hasta 80° de latitud austral, los tres archipiélagos de las Lakedivas, Maldivas y Chagos, se une por los bancos de Sahia, de Malha y de Cargados, al grupo volcánico de las Mascarinas y á Madagascar. Esos bancos, en cuanto puede formarse juicio de ellos, se componen de edificios construidos por pólipos madrepóricos, y de verdaderas rocas de corales que contienen lagunas. De esta suerte se confirma la ingeniosa hipótesis de Darwin, segun la cual, una vasta estension del lecho del mar es en esos sitios, no una superficie de levantamiento, sino una superficie de depresion (area of subsidence).

Digitized by Google

VIII. MAR DEL SUD.

Si se compara la parte de la superficie terrestre, actualmente cubierta por las aguas y el área del elemento sólido, que se sabe están próximamente en la relacion de 2,7 á 1 (39), sorprende ver el pequeño número de volcanes todavía activos comprendidos en la region oceánica. El mar del Sud, cuya superficie escede próximamente en $^1/_6$ á la de las partes sólidas, y que en la region equinoccial, desde el archipiélago de los Galápagos hasta las islas Pelew, ocupa casi los $^2/_5$ de un gran círculo de la Tierra, contiene menos montañas humosas, menos aberturas que establezcan comunicacion activa entre el interior de la Tierra y su envuelta atmosférica, que la sola isla de Java. Al geólogo de la gran *Esploring Expedition*, que recorrió la América desde 1838 á 1842, bajo la direccion de Wilkes, el ingenioso Dana, corresponde la gloria incontestable de haber dado nueva luz respecto de todos los archipiélagos del mar del Sud, generalizando las ideas sobre la configuracion y la distribucion de los grupos de islas, sobre la direccion de sus ejes, sobre el carácter de las rocas, sobre los períodos de levantamiento ó de depresion porque pasan vastas estensiones del suelo submarino; felices resultados que se deben tanto á sus propias investigaciones cuanto á la detenida combinacion que hizo de todas las observaciones anteriores. Si tomo algo de su libro, como de la escelente obra de Darwin, el geólogo de la espedicion del capitan Fitz Roy (1832-1836), sin citarlos algunas veces, espero que no se parecerá mal esta libertad, porque he acreditado suficientemente hace muchos años la alta estima en que tengo sus trabajos.

Sin entrar en las caprichosas divisiones de Polinesia y

Digitized by Google

Micronesia, de Melanesia y Malasia (40), fundadas en el número y la estension de las islas, ó en el color y el orígen de los habitantes, empezaré la enumeracion de los volcanes todavía activos del océano Pacífico por los que están situados al Norte del Ecuador. Dejo para mas adelante ir en la direccion de Este á Oeste, hasta las islas que existen entre el Ecuador y el grado 30 de latitud austral. No puede decirse con seguridad que tantos islotes de basalto y de traquito, provistos de innumerables cráteres, de donde han salido erupciones en diferentes épocas, hayan sido colocados desordenadamente aquí y allá (41). Reconócese en efecto que la mayor parte se han levantado sobre fallas de una vasta estension y sobre cadenas de montañas sub-marinas, que se dividen en grupos y en regiones segun direcciones determinadas, y pertenecen á diferentes sistemas, en un todo como las cadenas continentales del Asia central y del Cáucaso. Pero la distribucion de las raras aberturas que han dado en ciertas épocas testimonios simultáneos de actividad volcánica depende, casi seguramente, de las perturbaciones puramente locales que han esperimentado las fallas que concurren á esas aberturas. Las líneas que podria intentarse hacer pasar por tres volvanes todavía activos, situados á distancias respectivas de 600 á 650 millas geográficas, y que no están separados por ningun volcan intermedio, á saber: el Mauna-Loa con el estanque de Kilauea en su vertiente oriental; el cono de Tanna, en las Nuevas-Hébridas, y la Asuncion, en el grupo setentrional de los Ladrones, nada enseñarian de las leyes generales que han presidido á la formacion de los volcanes en la cuenca del mar del Sud. Lo contrario sucede si no se trata mas que de grupos aislados, y si nos trasportamos á las épocas verdaderamente pre-históricas en que los numerosos volcanes, apagados ya, de los Ladrones, de las islas Marianas, de las Nuevas-Hébridas y de las islas Salomon, estaban aun en

Digitized by Google

posesion de su actividad. Es cierto que esos volcanes, colocados unos á continuacion de los otros, no han desaparecido sucesivamente en una direccion determinada, por ejemplo en la direccion del Sud-Este al Nor-Oeste ó del Norte al Sud. Citó aquí las filas de islas volcánicas que surcan la alta mar, pero las islas Aleuticas y otras de la costa suministrarian las mismas observaciones. Conclusiones generales sobre la direccion que ha debido seguir el enfriamiento son fácil causa de error, porque no se pueden tener en cuenta las influencias pasajeras de la conductibilidad, segun que se ejerza ó no libremente.

El Mauna-Loa, Mauna-Loa escriben los Ingleses, de 12,909 pies de altura, segun la exacta medida del capitan Wilkes, en la *Exploring Expedition* (42), 1,500 pies mas elevado por consiguiente que el pico de Tenerife, es el volcan mas poderoso del océano Pacífico y el único que ha conservado toda su actividad en el archipiélago, enteramente volcánico, de las islas Hawaii ó Sandwich. Los cráteres del vértice, el mayor de los cuales tiene 12,000 pies de diámetro, dejan ver en su estado habitual un suelo firme, compuesto de lava enfriada y de escorias, de donde se elevan pequeños conos humosos de erupcion. Las aberturas superiores son en general poco activas; sin embargo, en el mes de Junio de 1832 y en el mes de Febrero de 1843, estuvieron en erupcion durante muchas semanas, y vertieron corrientes de lava de 5 á 7 millas geográficas de estension, que llegaban al pie del Mauna-Kea. La inclinacion que seguia la corriente, sin solucion de continuidad, era ordinariamente de 6°, amenudo de 10 á 15, y algunas veces tambien de 25° (43). La configuracion del Mauna-Loa tiene de particular que no posee cono de cenizas, como el pico de Tenerife, el Cotopaxi y tantos otros volcanes, y que no hay rastro en él de piedra pomez. Sin embargo, las lavas del vértice, de un gris ne-

Digitized by Google

gruzco y mas traquíticas que basálticas, son ricas en fesdespato (44). La fluidez estraordinaria de las lavas del Mauna-Loa, ya sean arrojadas por el cráter del vértice (Mokua-weo-weo) ó por el lago de lava situado en la vertiente oriental del volcan, á 3,724 pies únicamente sobre el nivel del mar, se revela por los hilos de cristal, ya lisos ya rizados, que dispersa el viento por toda la superficie de la isla. Este cristal capilar, que se escapa tambien del volcan Borbon, se conoce en Hawaii con el nombre de *cabello de Pele*. Pele es la diosa protectora de la comarca.

Dana ha demostrado de una manera ingeniosa que Mauna-Loa no es en las islas Sandwich un volcan central, y que el lago de lava designado con el nombre de Kilauea no es una sulfatara (45). El diámetro mayor de la cuenca de Kilauea tiene 15,000 pies, cerca de $^2/_3$ de una milla geográfica; el diámetro menor cuenta 7,000 pies. En el estado ordinario, la lava propiamente dicha no llena toda esta cavidad, sino únicamente un espacio que mide 13,000 pies de longitud y 4,800 de estension. Súbese á los bordes del cráter por una especie de gradería. El espectáculo que allí se admira deja una impresion solemne de calma y tranquilidad. La aproximacion de una erupcion no se anuncia por temblores de tierra ni por ruidos subterráneos, sino por la señal de que la lava se levanta y desciende repentinamente, cuando son necesarios á veces de 300 á 400 pies para que llegue al borde superior del gran estanque. Para comparar el estanque gigantesco de Kilauea con los pequeños cráteres laterales indicados por primera vez por Spallanzani en la pendiente del Stromboli, á los $^4/_5$ de esta montaña cerrada en el vértice, es decir, con estanques de lava en ebullicion, el mas ancho de los cuales tiene 200 pies de diámetro, y el mas pequeño solamente 30, aparte de que esto seria aproximar las grandes cosas á las pequeñas, se necesitaria olvidar que las alturas ignívomas

Digitized by Google

de la pendiente del Stromboli arrojan escorias á gran altura y vomitan tambien lavas. Si el gran estanque del Kilauea, que forma el cráter inferior y secundario del volcan activo de Mauna-Loa, amenaza á veces desbordarse, nunca sin embargo se ha desbordado realmente hasta producir una verdadera corriente de lava. Hace el efecto de corrientes, la lava que desciende á través de los canales subterráneos, y se escapa por nuevas aberturas eruptivas que se forman á la distancia de 4 á 5 millas geográficas, y por consiguiente sobre puntos mucho menos elevados. El nivel desciende en el estanque de Kilauea, inmediatamente despues de esas erupciones, determinadas por la enorme presion que la lava que ejerce (46).

Hawaii tiene todavía dos altas montañas, Mauna-Kea y Mauna-Hualalai, la primera de las cuales escede en 180 pies al Mauna-Loa, segun los cálculos del capitan Wilkes. Mauna-Kea es una montaña cónica, sobre cuyo vértice se encuentra, no un cráter, sino solamente eminencias de escorias, desde hace mucho tiempo apagadas. Mauna-Hualalai * mide próximamente 9,400 pies de altura, y está toda vía en ignicion: en 1801 presentó una erupcion en que la lava se estendió por el lado del Oeste, hasta el mar. Toda la isla de Hawaii debe su existencia al levantamiento de las tres montañas colosales, Loa, Kea y Hualalai, que surgieron del fondo del mar. En las narraciones de las numerosas ascensiones del Mauna-Loa, entre las cuales la de la espedicion del capitan Wilkes es fruto de 28 dias de investigaciones, se habla de nieve caida con un frio de 5 á 8 grados del termómetro centesimal, y tambien de manchas de nieve aisladas que podian distinguirse desde lejos por medio del telescopio en el vértice del volcan; pero en ninguna parte se hace mencion de las nieves perpétuas (47). He recordado ya que, segun las medidas de altura consideradas hoy como mas exactas, el Mauna-Loa, de 12,909 pies, y el

Digitized by Google

Mauna-Kea que tiene 13,089, son inferiores en 950 y 770 pies al límite inferior de las nieves perpétuas en las montañas continentales de Méjico, á los 19° 30′ de latitud. Verdad es que, en una pequeña isla, la línea de las nieves perpétuas debe estar algo menos elevada, porque las capas inferiores del aire son allí menos calientes durante la estacion abrasadora, y las superiores contienen mayor cantidad de agua.

Los volcanes de Tafoa* y de Amargura, en el grupo Tonga, son activos ambos y el segundo tuvo, el 9 de Julio de 1847, una erupcion considerable de lava (48). Es circunstancia digna de notarse y que concuerda con la observacion de que los animalillos de los corales evitan la proximidad de los volcanes activos ó que acaban de dejar de serlo, que en el archipiélago Tonga donde abundan las rocas madrepóricas, Tafoa y el cono de Cao carecen completamente de ellas (49).

Siguen despues los volcanes de Tanna* y de Ambrym*, el último de los cuales está situado al Oeste de Mallicollo, en el archipiélago de las Nuevas Hebridas. El Tanna, descrito por primera vez por Eorster, se mostraba en plena erupcion, cuando Cook descubrió la isla del mismo nombre (1774). Luego, no ha cesado su actividad. Llega escasamente á la altura de 400 pies, y es por consiguiente, con el volcan Mendaña, de que hablaremos mas adelante, y el japonés de Cosima, uno de los conos ignívomos menos elevados. En Mallicollo se encuentra gran cantidad de piedra pomez.

El *Mathews-Rock**, pequeña isla humosa, de 1,110 pies de altura próximamente, una de cuyas erupciones fue observada por d'Urville en el mes de Enero de 1828, se halla al Este de la estremidad meridional de la Nueva Caledonia.

El volcan de Tinakoro*, en el grupo de Vanikoro ó de Santa Cruz.

Digitized by Google

En el mismo archipiélago de Santa Cruz, á 20 millas geográficas Nor-Noroeste de Tinakoro, se levanta del fondo del mar, á los 10° 23′ de latitud austral, la isla propiamente llamada Volcan*. Las erupciones ígneas de ese volcan, apenas de 200 pies de altura, que Mendaña reconociera ya en 1595, se renovaron á veces por intervalos periódicos de 10 minutos; á veces tambien, y este caso ocurrió cuando la espedicion de Entrecasteaux, la columna de vapor ha servido de cráter.

En el grupo de Salomon, la isla Sesarga* tiene un volcan activo, y no lejos de allí, hácia la estremidad Sud-Este de esta larga fila de islas, en la direccion del archipiélago de Santa Cruz, se han comprobado ya en la costa de la isla Guadalcañar, señales de erupciones volcánicas.

Entre las islas Marianas ó de los Ladrones, en la parte setentrional de esta hilera de islas que parece haberse levantado sobre una falla meridiana, se citan como todavía en actividad, el volcan de la isla Guguan* y de la isla Pagon*, y el *Volcano Grande de Asuncion*, las costas orientales del pequeño continente de la Nueva Holanda, especialmente á partir del sitio donde cambian de forma, es decir, hácia los 25° de latitud austral, entre la bahía de Hervey y la bahía Moreton, parecen reflejarse en la zona de las vecinas islas. La meridional de la Nueva-Zelandia y los grupos Kermadec y Tonga, se dirigen de Sudoeste á Nordeste, mientras que las costas setentrionales de la parte de la Nueva-Zelandia situada al Norte del estrecho de Cook, desde la bahía de Plenty hasta el cabo Oton, la Nueva-Caledonia, la Nueva-Guinea, las Nuevas-Hebridas, las islas Salomon, la Nueva-Irlanda y la Nueva-Bretaña, se inclinan de Sudeste á Noroeste, y siguen generalmente la direccion Norte 48° Oeste. Buch, fue el primero que hizo resaltar esa relacion que se observa entre las masas continentales y las islas de las cercanías, en el archipiélago de

Digitized by Google

la Grecia y en el mar de Corail (50). Las islas del mar de Corail, como indicó Forster, compañero de Cook, y La Billardiere, no carecen de rocas abundantes en cuarzo, llamadas en otro tiempo rocas primitivas, es decir de granito y de micasquisto. Dana ha recogido tambien muestras de esas rocas en la isla setentrional de la Nueva-Zelandia, al Oeste de Tipunah, en la *Bay of Islands* (51).

La Nueva-Holanda presenta señales aun recientes de una antigua actividad volcánica solo en su extremidad meridional, en la comarca llamada Australia Feliz, al pie y al Sud de los Montes Grampian. Segun el testimonio de Dana, hállanse en muchos sitios, al Noroeste de Puerto-Felipe, y en los alrededores del rio Murray, conos volcánicos y capas de lava (52).

Existen en la Nueva-Bretaña, tanto en la costa oriental cuanto en la occidental, tres conos por lo menos que en los tiempos históricos han sido observados por Tasman, Dampier, Carteret y La Billardiere, y colocados entre los volcanes encendidos con corrientes de lava.

En la costa Nord-este de la Nueva-Guinea, se encuentran dos volcanes activos, frente á la Nueva-Bretaña é islas del Almirantazgo, ricas en obsidiana.

En la Nueva-Zelandia, cuya geología ha sido esclarecida, cuando menos en lo concerniente á la isla setentrional, por la importante obra de Dieffenbach y las investigaciones de Dana, la roca basáltica ó traquítica se abre paso en muchos puntos, á través de las rocas plutonicas y sedimentarias, que están estendidas generalmente allí. Esto es lo que se vé, por ejemplo, en un espacio muy pequeño próximo á la bahía de las Islas (lat. 35° 2′), donde se levantan dos conos de cenizas, Turoto y Poerua, coronados de cráteres apagados; y mas al Sud, entre 37° 30′ y 39° 15′ de latitud, donde una zona de terreno volcánico atraviesa el medio de la isla, de Nordeste á Sudeste, en una

Digitized by Google

longitud de mas de 40 millas geográficas, desde la bahía de Plenty al Este hasta el cabo Egmont al Oeste. Vuélvese á encontrar aquí, lo que se ha visto en el continente mejicano en mayor escala: una falla trasversal que vá de un mar á otro, en la direccion de Sudeste á Sudoeste, y que corta la cadena longitudinal que determina la forma de toda la isla. Sobre esta abertura volcánica y probablemente en los puntos de interseccion, se levantan el cono de Tongariro*, de 5,816 pies de altura, á cuyo cráter subió Bidwill, llegando hasta el cono de cenizas, y algo mas al Sud, el cono de Ruapahu, que no tiene menos de 8,450 pies. La estremidad Nordeste de la zona que toca en la bahía de Plenty está compuesta de una sulfatara siempre humosa, el islote volcánico Puhia-i-wakati ó White Island, á los 38° 30′ (53). Volviendo hácia el Sudoeste, se encuenta, en la orilla misma, el volcan apagado de Putawaki (Mount Ebgecombe), de 9,066 pies de altura, la montaña nevada de mas elevacion probablemente de la Nueva-Zelandia. En el interior, lagos, algunos de los cuales están llenos de aguas en ebullicion, forman una larga cadena, entre el monte Edgecombe y el Tongariro*, asiento principal de la actividad volcánica que ha dado salida á algunas corrientes de lava y que arroja aun vapores y cenizas de piedra pomez. El lago Taupo, rodeado de arena brillante de leucita y de sanidina y colinas de piedra pomez, mide una longitud de cerca de seis millas geográficas, y está situado en medio de la isla setentrional de la Nueva-Zelandia, á 1,255 pies, segun Dieffenbach, sobre el nivel del mar. En los alrededores, en una estension de dos millas inglesas cuadradas, se halla cubierto el suelo de sulfataras, de columnas de vapor, y de fuentes termales, que como los Geisers de la Islandia, constituyen diferentes depósitos de silicato (54). Al Oeste de Tongariro, y á cuatro millas solamente de la ribera occidental, se encuentra el volcan Taranaki (Mount-Egmont), de 8,293

Digitized by Google

pies de altura, al cual subió midiéndolo por primera vez Dieffenbach, el mes de Noviembre de 1840. La cima del cono, cuyo contorno recuerda el Tolima mas bien que el Cotopaxi, termina por una meseta, sobre la cual se levanta un cono de cenizas muy escarpado. Nada prueba, como en el volcan de la isla Blanca y Tongariro, que la actividad del Taranaki haya durado hasta nosotros: no se han observado tampoco lavas en corrientes no interrumpidas. Las masas sonoras y de láminas delgadas, que, en medio de las escorias se destacan, como aristas, sobre el cono de cenizas, y recuerdan lo que se vé en una de las caras del pico de Tenerife, guardan analogía con el esquisto porfírico ó fonolito.

Muchos grupos de islas acumuladas en una línea larga y estrecha que sigue sin interrupcion la direccion del Noroeste, á saber la Nueva-Caledonia y la Nueva-Guinea, las Nuevas-Hébridas y las islas Salomon, Pitcairn, Tahiti y las islas Paumotu cortan el Gran Oceano, entre 12 y 27 grados de latitud austral, en una estension de 1,350 millas geográficas, desde el meridiano de las costas orientales de la Australia hasta la isla de Pascuas y la roca Sala-y-Gomez. Las partes occidentales de esos conjuntos de islas, la Nueva-Bretaña*, las Nuevas-Hébridas, Vanikoro, y el grupo de las Tonga*, dan actualmente, en medio del siglo XIX, pruebas de actividad ígnea. La Nueva-Caledonia, aunque rodeada de islas basálticas ó de otros caracteres volcánicos, no contiene mas que rocas plutónicas (55), como Santa María de las Azores, segun el testimonio de Buch (56), y las islas Flores y Graciosa, segun el conde Bedemar. A esta falta de actividad volcánica en la Nueva-Caledonia, donde se han descubierto recientemente formaciones sedimentarias y lechos de hulla, se atribuye la vasta estension de los bancos de corales vivos de que están erizados esos parajes. El archipiélago Viti ó Fidschi es basáltico y traquí-

Digitized by Google

tico á la vez; no presenta sin embargo otro signo característico que las fuentes termales de la bahía de Savu, en la isla Vanua Lebu (57). La misma condicion basáltica se encuentra en el grupo de Samoa (Navigators Islands), al Nordeste de las islas Viti y casi directamente al Norte del archipiélago Tonga, que ha conservado su actividad volcánica. Además, se observan allí cráteres de erupcion, en número infinito, y rodeados de capas de toba en las cuales se hallan empastados fragmentos de corales. El objeto mas notable, bajo el punto de vista geognóstico, es el pico Tafua en la isla Upolu del grupo Samoa, que es preciso no confundir con el pico Tafoa, situado en el archipiélago Tonga, al Sud de Amargura, que todavía está en actividad. El pico Tafua, de 2,006 pies de altura, al cual subió midiéndolo por vez primera Dana, tiene un cono de cenizas regularmente redondeado, que corona un vasto cráter: no hay allí señal alguna de corrientes de lava; pero en la montaña cónica de Apia, de 2,417 pies de altura, que está igualmente en la isla Upolu, como tambien sobre el pico Fao, que tiene 3,000 pies de altura, se encuentran campos de lavas escorificadas, cuya superficie es rizosa y generalmente reticular, que los españoles llaman *Malpais*. Existen en el campo de lavas de Apia vastas cavidades subterráneas.

Tahiti, situada en medio de las islas de la Sociedad, es mucho mas traquítica que basáltica, y solo muestra ya propiamente hablando, las ruinas de su antiguo andamio volcánico. Es difícil de reconstruir la forma primitiva de los volcanes, segun las circunvalaciones poderosas, erizadas de asperezas agudas, é interrumpidas por precipicios abiertos verticalmente á muchos miles de pies de profundidad. De las dos mayores cimas, el Aorai y el Orohena, el Aorai, ha sido estudiado por el eminente geólogo Dana, que fue el primero que subió á él (58); la montaña traquítica de Orohena parece tener la altura del Etna. Asi,

Digitized by Google

despues del grupo activo de las islas Sandwich, la de Tahiti es la que posee la roca eruptiva mas alta de toda la region oceánica comprendida entre América y Asia. Una roca feldespática que se encuentra en las pequeñas islas Borabora y Maurua, cerca de Tahiti, roca que Ellis, en su *Polynesian Researches*, presenta como un agregado granítico de feldespato y cuarzo, y que los viajeros han descrito últimamente, con el nombre de sienita, merece un análisis mucho mas exacto, en consideracion al basalto poroso y escorificado que se observa muy cerca de allí. En la actualidad no podrian hallarse cráteres apagados ni corrientes de lava en las islas de la Sociedad. Pregúntase si los cráteres han sido destruidos en las cimas de las montañas, ó si las antiguas andamiadas, hoy grieteadas y trastornadas, no tuvieron en otro tiempo la forma de cúpula cerrada, y si el basalto y las capas de traquito no han salido inmediatamente de las fallas del globo, como aconteció probablemente en otros muchos puntos del suelo oceánico levantado. Los diferentes grados de viscosidad ó de fluidez de las materias, la mayor ó menor anchura de las fallas á través de las cuales son arrojadas, influyen en la configuracion de las capas volcánicas, á medida que se forman; y en los lugares en donde la trituracion no deja subsistir sino muy pequeños fragmentos, lo que se ha convenido en llamar cenizas, resultan conos de erupcion efímeros, que no deben confundirse con los grandes conos de cenizas, del vértice de las andamiadas permanentes.

Muy cerca de las islas de la Sociedad, encuéntranse, en direccion del Este, las islas Bajas ó islas Paumotu; islas de corales, escepcion hecha del notable grupo basáltico de las pequeñas islas Gambier y Pitcairn (59). Una roca volcánica semejante á la que forma este último grupo, existe tambien en la isla de Pascuas ó Waihu, situada hácia el Este, á una distancia de 315 millas geográfi-

Digitized by Google

cas, pero bajo el mismo paralelo, es decir entre 25 y 27 grados de latitud austral. Es probable tambien que esté 60 millas mas lejos aun, en las rocas de Sala-y-Gomez. El capitan Beechey ha observado en la isla de Pascuas, donde los conos mas elevados llegan apenas á 1,000 pies de altura, toda una hilera de cráteres, de los cuales ninguno le pareció encendido.

Mas al Este todavía, y cerca del Nuevo Continente, el archipiélago de los Galápagos, uno de los grupos volcánicos mas activos, en el cual se destacan cinco islas como mas importantes que las demás, señala el límite de las del Océano Pacífico. Puede casi decirse que en ninguna parte, y en tan reducido espacio, porque el diámetro del grupo de las islas Galápagos tiene apenas 30 ó 35 millas geográficas, ha subsistido semejante número de montañas cónicas y de cráteres apagados, rasgos visibles de la antigua comunicacion entre el interior del globo y su envuelta atmosférica. Darwin evalua el número de esos cráteres en 2,000. Cuando este ingenioso viajero visitó los Galápagos, en la espedicion del *Beagle* dirigida por el capitan Fitzroy, dos cráteres mostraban á la vez erupciones ígneas. En todas esas islas, se ven corrientes de una lava muy fluida, que se dividen y generalmente van á parar en el mar. Casi todas son tambien ricas en augita y en olivina. Algunas mas traquíticas, dícese que contienen grandes cristales de albita (60). Convendria á los progresos modernos de la Mineralogia, investigar si esos traquitos porfíricos tienen oligoclase, como sucede en el pico de Tenerife, en el Popocatepetl y el Chimborazo, ó labrador, como en el Etna y el Stromboli. La pomez falta completamente en las islas Galápagos, lo mismo que en el Vesubio, cuando menos como producto de este volcan. En ninguna parte se menciona tampoco el anfibol. No domina en estos lugares la formacion traquítica del Toluca ó del Orizaba, ni tampoco la de algunos volcanes

Digitized by Google

de Java, de donde me envió el doctor Junghuhn fragmentos de lava solidificada para someterlos al análisis de Rose. En la isla mas occidental é importante del grupo de los Galápagos, en Albemarle, las montañas cónicas están dispuestas en línea recta, lo que indica que están levantadas sobre fallas. Su mayor altura no escede sin embargo de 4350, pies. El golfo situado al Oeste, en el cual se eleva, como una isla, el pico Narborugh, que dió salida en 1825 á una violenta erupcion, fue descrito por Buch como un cráter de levantamiento, y comparado con Santorin (61). Los bordes de los cráteres están formados generalmente, en las islas de los Galápagos, de capas tobáceas que se desploman por todas partes. Un hecho notable y que revela la accion general y simultánea de una gran catástrofe, es el de que todos los bordes de los cráteres están rotos ó enteramente destruidos por el lado del Sud. Una parte de lo que se llama toba en las antiguas descripciones está compuesta de capas de palagonita, semejantes en un todo á las de Islandia é Italia; Bunsen lo demostró despues de análisis exactos, en las tobas de la isla Chatam (62), la mas oriental de todo el grupo, cuya posicion astronómica fijó Beechey cuidadosamente, y que está aun á 134 millas geográficas de la Punta de San Francisco, en el con-tinente americano. He tenido ocasion de calcular esta distancia al determinar la longitud de Quito (81° 4′ 38″); se halla indicada tambien en el *Mapa de la Nueva Granada* que publicó Acosta en 1849.

IX. CONTINENTE AMERICANO.

1°. *Méjico.*

Los seis volcanes mejicanos, el Tuxtla*, el Orizaba, el Popocatepetl*, el Toluca, el Jorullo* y el Colima*, cuatro de los cuales tuvieron erupciones en los tiempos históricos, han

Digitized by Google

sido ya enumerados, é indicadas las particularidades, notables bajo el punto de vista geognóstico, que ofrece su posicion respectiva (63). Segun las recientes investigaciones de Rose, la formacion del Chimborazo se encuentra reproducida en la roca del gran volcan mejicano, el Popocatepelt; esta roca consiste en oligoclase y en augita. Aun en las capas traquíticas casi negras, que se asemejan al pestein, se reconocen tambien pequeños cristales de oligoclase de ángulos agudos. Esta misma composicion del Chimborazo y del pico de Tenerife es la del volcan de Colima, hacia el Oeste, y próximo á las costas del Oceano Pacífico. No he visitado este volcan; pero desde la primavera de 1855, debemos á Pieschel una revista muy instructiva de las rocas de que ha tratado, é interesantes noticias geológicas sobre todos los volcanes de la meseta mejicana, que estudió sin escepcion (64). El volcan de Toluca, al cual he subido medido barométricamente su mas alto vértice, el estrecho y dificil *pico del Fraile*, de 14,202 pies de elevacion (29 de setiembre de 1833), tiene una construccion geológica muy diferente á la del Popocatepetl y la montaña ignívoma de Colima, que es preciso no confundir con otra montaña nevada del mismo nombre y de mayor altura. El volcan de Toluca consiste, como el pico de Orizaba, el Puy-de-Chaumont, en Auvernia, y el volcan de Egino, en una asociacion de oligoclase y anfibol. Segun esta pequeña indicacion, se vé, y es digno de observar, que en la larga hilera de volcanes que se estiende de un mar á otro, no hay dos, inmediatamente sucesivos, que ofrezcan igual composicion mineralógica.

2°. *Parte Noroeste de la América.—Region del Norte del paralelo del Rio-Gila.*

Al ocuparme de la actividad volcánica de las islas que rodean las costas orientales del Asia (65), he señalado, como

Digitized by Google

digno de particular atencion, el arco descrito por la falla de levantamiento de donde han salido las islas Aleuticas, y que hace sensible el lazo directo que une el continente asiático al continente americano, entre las dos penínsulas volcánicas del Kamtschatka y Alaska. Este arco es el límite setentrional de una gran bahia formada en el Océano Pacífico, que despues de haber ocupado de Este Oeste, en la altura de la línea equinoccial, un espacio de 150 grados de longitud, se redujo hasta el estremo de no llenar mas que 37, entre las estremidades de las dos penínsulas. Los navegantes habian reconocido ya hacia setenta ú ochenta años, gran número de volcanes, mas ó menos activos, en la costa occidental del continente americano; pero este grupo estaba por decirlo asi aislado, sin relacion alguna con la hilera de los volcanes mejicanos ó de los que se suponia existir en la península de California. Al señalar una serie de conos traquíticos apagados, en la laguna que aparecia en un espacio de 28 grados de latitud, entre Durango y el nuevo Washington-Territory, al Norte del Oregon occidental, se ha hecho sensible el lazo geognóstico de esos volcanes. La descripcion física de la Tierra es deudora de este importante progreso á las espediciones científicas que el gobierno de los Estados-Unidos preparó tan felizmente, con objeto de descubrir el camino mas facil y mas corto para poner en comunicacion las llanuras del Misisipi y las costas del Océano Pacífico. Todas las ramas de la historia natural se han aprovechado de estas investigaciones. En esta *terra incógnita*, que se estiende desde la vertiente oriental de las *Rocky-Mountains* hasta una gran distancia de la vertiente occidental, se han hallado vastas estensiones, cubiertas de productos que prueban la existencia de volcanes apagados ó todavía activos. Este último caso es el de las montañas de las Cascadas. Asi, partiendo de la Nueva Zelandia, y subiendo al Noroeste, á

Digitized by Google

traves de la Nueva Guinea, las islas de la Sonda, las Filipinas y el Asia Oriental hasta las islas Aleuticas, para volver á bajar hacia el Sud, por la parte Noroeste de la América, Méjico y la América central y meridional, hasta la estremidad de Chile, abarcamos, en su inmenso perímetro de 6,600 millas geográficas, toda la cuenca del mar del Sud, con los monumentos que ha llevado allí de todas partes la actividad volcánica. No era posible llegar á esas ideas de conjunto, sin entrar en los detalles de la orientacion geográfica y sin una exacta clasificacion.

Despues de haber señalado los contornos del golfo inmenso formado por el mar del Sud, deberia decir los contornos de la mayor de las partes en que se divide la masa única que penetra á traves de los continentes, puesto que en realidad no hay sobre la Tierra mas que una masa líquida, cuyas partes comunican todas entre sí (66), réstanos describir las comarcas que se estienden desde el Rio-Gila hasta los estrechos de Norton y de Kotzebue. Falsas analogías sacadas de los Pirineos, de los Alpes y de las Cordilleras, desde el Chile meridional hasta los 5 grados de latitud Norte, y alimentadas por mapas fantásticos, han acreditado la opinion de que pueden seguirse como un muro del Sudeste al Noroeste, las altas montañas de Méjico ó cuando menos la cresta de esas montañas, que constituyen lo que se llama una *Sierra-Madre*. En realidad, la region montañosa de Méjico es un ancho y poderoso levantamiento, que sigue, sin interrupcion, entre los dos mares, la direccion indicada arriba, á la altura de cinco ó siete mil pies, pero sobre el cual, como sobre el Cáucaso y el Asia central, se producen en diferentes sentidos, á 14,000 y 16,700 pies, sistemas parciales de montañas. La orientacion de esos grupos parciales, levantados sobre fallas no paralelas, es generalmente independiente del eje imaginario que puede hacerse pasar á través de las ondulaciones

Digitized by Google

formadas por el dorso aplanado del levantamiento general. La ilusion que causan esas notables relaciones del suelo aumenta la impresion pintoresca de esta bella comarca. Las montañas gigantescas, cubiertas de nieves perpétuas, parecen surgir de enmedio de una llanura. La superficie del suelo ligeramente ondulado, en otros términos, la alta llanura, se confunde con las llanuras de las tierras bajas. Solo el cambio de temperatura bajo la misma latitud, acusa las alturas á que se ha llegado. La falla del levantamiento de los volcanes de Anahuac, que sigue, entre 19° y 19° 15′ de latitud, la direccion de Este á Oeste, corta casi en ángulo recto el eje de la onducion general (67).

Esta configuracion de una parte considerable de la superficie terrestre, de la cual no se ha tenido idea completa por medidas exactas hasta despues de 1803, no podria confundirse con los crecimientos encerrados entre dos cadenas de montañas como entre dos paredes, de que se ven ejemplos en la Bolivia, alrededor del lago Titicaca, y en el Asia central, entre el Himalaya y el Kuen-Lun. El primero de esos hinchamientos, que parece formar el lecho de un valle, tiene por término medio, segun Pentland, 12,054 pies de altura sobre el nivel del mar; el segundo, el del Tibet, cuenta mas de 14,070, segun los cálculos del capitan Strachey, de Hooker y de Thomson. El deseo que espresaba, hace medio siglo, en mi *Análisis del Atlas geográfico y físico del reino de la Nueva España*, de que mi perfil de la meseta comprendida entre Méjico y Guanaxuato, pudiera ser continuado hasta Santa Fe del Nuevo Méjico, por enmedio de Durango y Chihuahua, se ha visto plenamente satisfecho. La distancia total es actualmente de mucho mas de 300 millas geográficas, de las que la cuarta parte pertenece únicamente á las sinuosidades. Cabe tener idea de esta configuracion singular del suelo y de la pendientecasi insensible de un levantamiento que, en cier-

Digitized by Google

tos puntos, no mide menos de 60 á 70 millas geográficas de estension, por el hecho de que la distancia de Méjico á Santa Fé, que comprende 16 grados 20 minutos de latitud, casi la distancia de Stokolmo á Florencia, puede franquearse con coches de cuatro ruedas, sin que haya sendas de humana mano. La posibilidad de esas comunicaciones era ya conocida de los Españoles á fines del siglo XVI, cuando el virey conde de Monterey, preparaba los primeros establecimientos que partieron de Zacatecas (68).

A fin de hacer mas comprensible lo que he dicho de una manera general de las relaciones hipsométricas entre Méjico y Santa Fe del Nuevo Méjico, inscribo á continuacion los principales elementos de la nivelacion barométrica llevada á cabo de 1803 á 1847. Sigo la direccion de Norte á Sud, con objeto de que los puntos mas setentrionales, hallándose sobre los demas, correspondan mas fácilmente á la orientacion ordinaria de los mapas geográficos (69).

Santa Fé del Nuevo Méjico (lat. 35° 41′), altura 6,611 pies, segun Wislizenus.

Alburquerque (lat. 35° 8′), altura 4,550 p., W. (70).

Paso-del-Norte, sobre el Rio-Grande-del-Norte (lat. 29° 48′), altura 3,557, p., W. (71).

Chihuahua (lat. 28° 32′), altura 4,352 p., W.

Cosiquiriachi, altura 5,886 p., W.

Mapimi, en el Bolson de Mapimi (lat. 25° 54′), altura 4,487 p., W.

Parras (lat. 25° 32′), altura 4,678 p., W.

Saltillo (lat. 25° 10′), altura 4,917 p., W.

Durango (lat. 24° 25′), altura 6,426 p., segun Oteiza.

Fresnillo (lat. 23° 10′), altura 6,797 p., segun Burkart.

Zacatecas (lat. 22° 50′), altura 8,456 p., B.

San-Luis-Potosí (lat. 22° 8′), altura 5,714 p., B.

Aguas-Calientes (lat. 21° 53′), altura 5,875 p., B.

Lagos (lat. 21° 20′), altura 5,983 p, B.

Villa de Leon (lat. 21° 7′), altura 5,755 p., B.

Silao, altura 5,546 p., B.

Guanaxuato (lat. 21° 0′ 15″), altura 6,414 p., segun Humboldt.

Salamanca (lat. 20° 40′), altura 5,406 p., H.

Digitized by Google

Celaya (lat. 20° 38′), altura 5.646 p., H.

Queretaro (lat. 20° 36′ 39″), altura 5,970 p., H.

San-Juan-del-Rio, en el Estado de Queretaro (lat. 20° 30′), altura 6,090 p., H.

Tula (lat. 19° 57′), altura 6,318 p., H.

Pachuca, altura 7,638 p., H.

Moran, cerca de Real-del-Monte, altura 7,986 p., H.

Huehuetoca, estremidad setentrional de la gran llanura de Méjico (lat. 19° 48′), altura 7,068 p., H.

Méjico (lat. 19° 25′ 45″), altura 7,008 p., H.

Toluca (lat. 19° 16′), altura 8,280 p., H.

Venta de Chalco, estremidad Sud-Este de la llanura de Méjico (latitud 19° 16′), altura 7,236 p., H.

San-Francisco-Ocotlan, estremidad Oeste de la gran llanura de Puebla, altura 7,206 p., H.

Cholula, al pie de la antigua pirámide de gradas (lat. 19° 2′), altura 6,480 p., H.

La Puebla de los Angeles (lat. 19° 0′ 15″), altura 6,756 p., H.

El Pueblo de las Vigas, estremidad oriental de la meseta de Anahuac (lat. 19° 37′), altura 7,332 p., H.

A principios del siglo XIX, no habia sido medida barométricamente ninguna altura distinta, en toda la estension de la Nueva-España; hoy ha llegado á ser posible reunir, en la sola direccion de Norte á Sud, entre Santa Fé y Méjico, en el espacio de 16° $^1/_2$ que separa dichas ciudadades, 32 puntos determinados hipsométricamente, y generalmente tambien astronómicamente. Vemos, por el cuadro precedente, que la superficie de la gran meseta mejicana fluctúa entre 5,500 y 7,000 pies. La parte mas baja del camino de Parras á Alburquerque escede en 1,000 pies á la cumbre del Vesubio.

La meseta, cuyo punto culminante acabamos de considerar, se ensancha de tal modo, en la direccion de Este á Oeste, desde la zona tropical hasta los paralelos 42 y 44, que el *Great Basin*, situado al Oeste del gran Lago Salado de los Mormones, y á 4,000 piés de elevacion, por término medio, tiene mas de 85 millas geográficas de diámetro

Digitized by Google

pero este crecimiento del suelo que, á pesar de su potencia, sigue una pendiente poco sensible, no debe confundirse con las cadenas de montañas que le dominan (72). El conocimiento de la configuracion de esta comarca se debe al coronel Fremont; este es uno de los principales resultados de los grandes trabajos hipsométricos que realizó en 1842 y 1844. La alta llanura pertenece á una época anterior á la formacion de las cadenas de montañas y de los sistemas que irradian en diferentes direcciones. Bajo el paralelo 32 próximamente, en el sitio donde, segun la delimitacion actual, entran en el territorio occidental de los Estados-Unidos, compuesto de las provincias que pertenecian á Méjico, las montañas de Chihuahua llevan ya el nombre algo vago de *Sierra-Madre*; no obstante la bifurcacion no se determina hasta la region próxima de Alburquerque (73). Desde entonces la denominacion general de Sierra-Madre corresponde á la cadena occidental; la oriental, á partir de 36° 10′ de latitud, algo al Nord-Este de Santa Fé, recibió de los viajeros americanos é ingleses el nombre hoy universalmente adoptado, aunque mal elegido, de Montañas-Roquizas (Rocky-Mountais). Las dos cadenas constituyen un valle longitudinal, que comprende las ciudades de Alburquerque, de Santa Fé y de Taos, regado por el Rio Grande del Norte. A los 38° 30′, cierra el valle una cadena que sigue de Este á Oeste, una estension de 22 millas geográficas; pero á partir de este punto hasta los 41°, las *Rocky-Mountains* continuan su curso paralelamente al meridiano, sin nueva interrupcion. En este intervalo, se levantan, algo al Este, los picos Españoles, el pico de Pike, de 5,440 pies de altura, del cual ha dado un precioso dibujo Fremont, el pico James, de 10,728 pies, y los tres *Park-Moun tains*, que contienen tres altos valles en forma de cubas, cuyas defensas laterales llegan, sobre el pico de Largo ó *Big-Horn*, la mas oriental de esas tres montañas, hasta 8,500 y 10,500

Digitized by Google

pies de altura (74). Al tocar en el límite oriental que separa el *Middle-Park* y el *North-Park*, la cadena cambia de direccion y corre de Sud Este á Nor-Oeste, en una estension próximamente de 65 millas geográficas, entre 40° 15′ y 44° de latitud. En este espacio, están situados el *South-Park*, de 7,028 pies de altura, y los célebres *Wind-River-Mountains*, en medio de los cuales se levanta, á los 43° 8′, el pico de Fremont, de 12,730 pies. Bajo el paralelo de 44°, cerca de los Tres-Pechos, las Montañas-Ro-quizas dejan su inclinacion hácia el Nor-Oeste, para volver á tomar la direccion meridiana, que conservan hasta el *Lewis-and-Clarke's-Pass*, á los 47° 2′ de latitud, 114° 30′ de longitud. La cadena tiene todavía en este sitio la altura de 5,608 pies; pero los lechos profundamente surcados de los numerosos rios que afluyen al *Flathead-River* ó *Clarke's-Fork* hacen que pierda en seguida su sencillez y su regularidad. El *Clarke's-Fork* y el *Lewis-Rives* ó *Snake-River* concurren á formar el gran rio Columbia, que debe abrir algun dia importante camino al comercio del mundo (75).

Así como en la Bolivia, la rama de las Cordilleras mas alejada de la playa, la del Sorata (19,974 pies de altura) y del Ilimani (19,843 pies), no ofrecen ya un solo volcan activo; de la misma manera en los Estados-Unidos está circunscrita la actividad volcánica á las regiones mas occidentales, en las cadenas de la costa de la California y del Oregon. La larga cadena de las Montañas-Roquizas, separada del mar del Sud por una distancia que varía de 120 á 200 millas geográficas, aunque no presente señal alguna de erupcion ígnea subsistente todavía en nuestros dias, muestra en sus dos vertientes, como la cadena oriental de la Bolivia, en el valle de Yucay (76), rocas volcánicas, cráteres apagados, lavas que contienen obsidiana y campos de escorias. En esta cadena de las Montañas Ro-

Digitized by Google

quizas, cuya geografía es tan bien conocida, merced á las escelentes investigaciones de Fremont, D'Emory, d'Abbot, de Wizlizenus, de Dana y de Marcou, cuenta, éste último, geólogo muy distinguido en las dos vertientes, tres grupos de rocas volcánicas antiguas. Las primeras pruebas de la actividad volcánica en esta comarca se revelaron tambien por el espíritu de observacion que demostró el coronel Fremont desde 1842 y 1843 (77).

En la pendiente oriental de las Montañas-Roquizas, en el camino del Sud-Oeste, que conduce de *Bent'sfort*, bañado por el Arkansas, á *Santa Fé del Nuevo-Méjico*, están situados dos volcanes apagados: los *Raton-Mountains*, sobre los cuales se eleva el *Fischer's-Peak* y la colina *Cerrito*, entre Galisteo y *Peña-Blanca* (78). Las lavas arrojadas por los Raton-Mountains cubren toda la comarca que se estiende desde el curso superior del Arkansas hasta el Canadian-River. La peperina y escorias volcánicas, que se empiepiezan á hallar en las praderas, á medida que se entra en la direccion Oeste y en la proximidad de las Rocky-Mountains, pertenecen quizás á las antiguas erupciones del Cerrito ó de los grandes picos Españoles, á los 37° 32′. Esta comarca volcánica, que rodea, al Este, las montañas separadas, conocidas con el nombre de Raton-Mountains, forma una superficie cuyo diámetro tiene 20 millas geográficas de longitud, y cuyo centro se encuentra próximamente á los 36° 50′ de latitud.

La vertiente occidental ofrece las pruebas mas incontestables de una actividad volcánica que ha dejado de manifestarse, pero que se desplegaba antes en un espacio mas considerable, que fué atravesado en toda su estension de Este á Oeste, cuando la importante espedicion del teniente Whipple. Este espacio, de contornos irregulares, que está además interrumpido, al Norte, por la Sierra de Mogoyon, en una longitud de 30 millas geográficas, se halla com-

Digitized by Google

prendido, siempre segun el mapa geológico de Marcou, entre 33° 48′ y 35° 40′ de latitud. Las erupciones que ha producido son por consiguiente mas meridionales que las de los *Raton-Mountains*; su centro cae casi bajo el paralelo de Alburquerque. Esta comarca se divide en dos partes: una, que puede designarse con el nombre de *Mount-Taylor*, mas próxima á la cresta de las *Rocky-Mountains*, acaba cerca de la *Sierra de Zuñi* (79); la otra, situada al Oeste, lleva el nombre de *Sierra-de-San-Francisco*. El monte Taylor, de forma cónica y de 11,500 pies de altura, está rodeado de corrientes de lava que irradian por todas partes, despojadas hoy todavía de vejetacion, como el Malpais, y cubiertas de escorias y de pomez, que serpentean á muchas millas de distancias, y presentan absolutamente el mismo aspecto que los alrededores del Hecla. Al Oeste, y á 18 millas próximámente del *Pueblo* actual de Zuñi, se levantan las altas montañas volcánicas de San Francisco, que corren al Sud del Rio-Colorado-Chiquito, y cuyo vértice culminante tiene, segun se dice, mas de 15,000 pies. Despues siguen, en direccion Oeste, el *Bill-William-Mountain*, el *Aztec-Pass* (5,892 pies de altura) y los *Aquarius-Mountains* (8,000 pies). La roca volcánica no se detiene en la confluencia de *Bill-William-Fork* y del *Colorado-Grande*, cerca del pueblo de los Indios Mohave (latitud 34° 15′; long. 116° 20′); porque vuelven á encontrarse mas allá del Rio-Colorado, cerca del lago Soda, muchos cráteres de erupciones, abiertos todavía, aunque apagados (80). Así vemos, en lo que hoy compone el nuevo Méjico, en medio del grupo volcánico de la *Sierra-de-San-Francisco* hasta un poco al Oeste del *Rio-Colorado-Grande* ó del *Occidente*, que aumenta con las aguas del Rio-Gila, reproducido, en una estension de 45 millas, el antiguo dominio volcánico de la Auvernia y del Vivarais, y abrirse de esta suerte nuevo campo á los estudios geológicos.

Digitized by Google

En la vertiente occidental de las Rocky-Mountains, pero mas al Norte y á 135 millas de distancia, se encuentra tambien el tercer grupo que presenta señales de una antigua actividad volcánica. Este grupo se compone del pico Fremont, de los Tres-Pechos y de otras tres montañas, los Tres Cerros (81), muy semejantes á las primeras por su forma cónica y su denominacion, pero mas al Este, por consiguiente mas cerca de la gran cadena. Esta region ofrece bancos de lava negra, muy estensos y rotos en muchos sitios, cuya superficie está escorificada (82).

Muchas cadenas costeras, ya sencillas, ya dobles, y cuya parte setentrional ha permanecido, á partir de 46° 12′ de latitud, como foco de actividad volcánica, corren paralelamente á la cadena de los Rocky-Mountains. Tenemos primeramente, desde San Diego hasta Monterey, es decir, de 32° 15′ á 36° 45′, lo que se llama especialmente *Coast-Rang*, que es la prolongacion de las altas tierras de la antigua California ó California inferior; despues la *Sierra Nevada de alta California*, que se despliega entre 36° y 40° 45′, generalmente separada de las costas del mar del Sud por una distancia de 20 millas geográficas; por último, la cadena de las Cascadas (Cascade-Range), que contiene las cimas mas altas inflamadas todavía, y que empezando en las altas *Shasty-Mountains*, bajo el paralelo de la bahía de la Trinidad (41° 10′), se desarrolla de Sud á Norte, á 26 millas de las costas, y escede en mucho al paralelo del estrecho de Fuca. En la misma direccion, pero á 70 millas de la playa, corren, entre 43 y 46 grados, las *Blue-Mountains*, de 6 á 7,000 pies de altura próximamente (83). Finalmente, en la parte central de la antigua California, algo al Norte sin embargo, cerca de la costa occidental del golfo, se encuentran los volcanes apagados ó el volcan de las Vírgenes, cuyo sitio he marcado en mi mapa de Méjico, y quetuvo su última erupcion en 1746. Faltan datos ciertos

Digitized by Google

tanto de la montaña como de la comarca que la rodea (84).

Ya en la *Coast-Range*, cerca del puerto de San Francisco, sobre el *Monte-del-Diablo*, esplorado por el doctor Trask (3,446 pies de altura), y en el valle longitudinal, rico en oro, del *Rio-del-Sacramento*, hánse encontrado rocas volcánicas antiguas, en medio de un cráter de traquito desplomado, que lleva el nombre de *Sacramento-Butt*, y cuyo dibujo hizo Dana. Mas lejos hácia el Norte, los *Shasty-Mountains* ó *Tshashtl-Mountains* contienen lavas basálticas, obsidiana, con la cual hacen los naturales puntas á sus flechas, y serpentinas calcáreas que, en muchos puntos del globo, se ven íntimamente ligadas á las formaciones volcánicas. Pero el verdadero asiento de una actividad ígnea hoy todavía en accion, es la cadena de las Cascadas, en la cual muchos picos, cubiertos de nieves perpétuas, se elevan hasta 15,000 pies de altura. A continuacion los enumero en direccion de Sud á Norte, señalando con un asterisco, los volcanes mas ó menos activos, pero todavía encendidos (85). Las altas montañas cónicas que no llevan este signo, son probablemente volcanes apagados ó montañas traquíticas, de forma de campanas, sin abertura en el vértice.

El monte *Pitt* ó *M'Laughlin*, algo al Oeste del lago Tlamat (lat. 42° 30′), 8,960 pies de altura.

El monte *Jefferson* ó *Vancouver*, montaña cónica (latitud 44° 35′).

El monte *Hood* (lat. 45° 10′). Esta montaña es realmente un volcan apagado, cubierto de lava celular. Segun Dana, su altura está comprendida entre 14,000 y 15,000 pies, como la del *Mount-Saint-Helen's*, algo mas elevado sin embargo, y que ocupa, en la hilera volcánica, un lugar mas setentrional. El monte Hood (86) fue trepado el mes de Agosto de 1853 por Lake, Travaillot y Heller.

Digitized by Google

El monte *Swalalahos* ó *Saddle-Hill*, al Sud-sudeste de Astoria, con un cráter apagado y hundido (87).

El monte *Saint-Helen's**, al Norte del Rio-Columbia (lat. 46° 12′). Segun Dana, este volcan no tiene menos de 14,100 pies de altura (88). Es todavía activo, y presenta en su vértice un cráter de donde sale contínuamente humo. Está cubierto de nieves perpétuas, y su aspecto es el de un hermoso cono regular. El 23 de Noviembre de 1842, tuvo lugar una gran erupcion que, segun Frémont, arrojó en derredor, á distancia considerable, una inmensa cantidad de cenizas y piedra pomez.

El monte *Adams* (lat. 46° 18′), situado casi exactamente al Este del volcan Saint-Helen's, pero separado de la costa por mas de 28 millas geográficas, mientras que el monte Saint-Helen's está apartado de ella solo 19 millas.

El monte *Reignier**, que tambien se escribe *Rainier* (latitud 46° 48′), al Este-Sudeste del fuerte Nisqually, en el estrecho de Puget, que se comunica con el estrecho de *San-Juan-de-Fuca*, mucho tiempo célebre en la historia de los descubrimientos del Océano Pacífico. Segun el mapa derrotero publicado por Johnson en 1854, este volcan cuenta 11,567 pies de altura (12,330 pies ingleses), y tuvo violentas erupciones en 1841 y 1843.

El monte *Olympus* (lat. 47° 50′), á 6 millas geográficas al Sud del estrecho San-Juan-de-Fuca

El monte *Baker**, vasto volcan activo, situado en el territorio de Washington (lat. 48° 48′); su altura, que parece no se ha medido, es considerable, y su forma exactamente la de un cono.

El monte *Brown* (15,000 pies de altura?), y, algo al Este, el monte Hookes (de 15,700 pies?), están señalados por Johnson como altas montañas de traquito, dotadas en otro tiempo de actividad volcánica, y situadas en la Nueva-Caledonia, á los 52° 15′ de latitud, 120 y 122 grados de

Digitized by Google

longitud, es decir, (hecho notable), á 75 millas geográficas del mar.

El monte *Edgecombe*, en la pequeña isla Lázaro, cerca de Sitka (lat. 57° 3′). He citado ya la violenta erupcion ígnea que tuvo lugar en 1796 (89). El capitan Lisiansky, que trepó al monte Edgecombe en los primeros años de este siglo, no lo halló encendido. Su altura es, segun Hoffmann, de 2,852 pies, segun Lisiansky, de 2,628 (90). A poca distancia, hay fuentes calientes que brotan del granito, como en el camino de los *Valles de Aragua* en Porto-Cabello.

El monte *Fairweather*, ó *Cerro-de-Buen-Tiempo*, de 13,802 pies de altura, segun Malaspina (4,489 metros), y situado á los 58° 45′ (91). Esta montaña está cubierta de pomez. Es probable que há poco tiempo se hallase aun encendida, lo mismo que el monte Elías.

El volcan de *Cook's-Inlet* (lat. 60° 8′), de 11,320 pies de elevacion, segun el almirante Wrangel, que, como Vancouver, lo consideró volcan activo (92).

El monte Elías (lat. 60° 17′; long. 138° 30′). Segun los manuscritos de Malaspina, que he hallado en los archivos de Méjico, su altura es de 16,749 pies (5,441 metros), pero el mapa del capitan Denham, trazado desde 1853 á 1856, no le atribuye mas que 14,044 pies.

Lo que M'Clure, en su viaje en la *Investigation* en busca del paso Noroeste, ha señalado hácia el Este de la embocadura del rio Mackensia, á los 69° 57′ de latitud, 129° 20′ de longitud, y que ha llamado los *volcanes de la bahía de Franklin*, parece ser el fenómeno que se ha denominado algunas veces *fuegos terrestres*, ó simplemente vapores sulfurosos que exhalan salsas ardientes. Un testigo ocular, el misionero Miertsching, intérprete de la Espedicion, vió treinta ó cuarenta columnas de vapores que salian de las fallas de la Tierra ó de pequeñas eminencias cónicas, formadas de

Digitized by Google

arcilla de diferente color. El olor del azufre era tan fuerte que apenas podia llegarse á las columnas de vapor á doce pasos de distancia. En ninguna parte habia rocas *in situ* ó masas sólidas. Durante la noche, veíanse desde el barco apariciones luminosas; no se notaban eyecciones de cieno, pero sí un calor intenso en el fondo del mar y pequeños estanques de agua que tenian en disolucion ácido sulfúrico. Esta region merece ser esplorada detenidamente. El fenómeno que acabamos de describir no guarda relacion alguna con la actividad volcánica del *Cerro-del-Buen-Tiempo*, en la cadena californiana de las Cascadas, ó con la del monte Elías (93).

He puesto de manifiesto hasta aquí, en su íntima conexion, todos los signos que dan á conocer la vida volcánica de nuestro planeta, y enseñado la gradacion del grande y misterioso fenómeno que produce la reaccion del interior de la Tierra contra su superficie cubierta de vegetales y de organismos vivientes. A los efectos dinámicos de los temblores de tierra y de los quebrantamientos han seguido las fuentes termales y las salsas, es decir, los fenómenos que determinan, con ó sin inflamacion espontánea, la elevacion persistente de temperatura comunicada á las fuentes de agua ó á las emanaciones gaseosas, y la diversidad de las combinaciones químicas. La reaccion de dentro á fuera tiene su mas alta y compleja espresion en los volcanes, que produce por la via seca los grandes y diferentes efectos de la formacion cristalina. Y para esto, no se limitan á disolver y á destruir; se presentan tambien como agentes creadores, y someten las sustancias á nuevas combinaciones. Una parte considerable de rocas muy modernas, si es que no son las mas recientes, aparece como la obra de la actividad volcánica, ya que, como sucede todavía en muchos puntos de la Tierra, las masas liquefactadas se lanzen de las andamiadas á manera de cono ó de cúpula, dispuestas por la naturaleza para

Digitized by Google

este uso, ya que, en la infancia de nuestro planeta, las rocas basálticas y traquíticas se hayan abierto paso directamente y sin andamiada, cerca de las capas sedimentarias, á través de una red de fallas abiertas en la superficie de la Tierra.

He puesto gran cuidado en determinar exactamente los puntos en donde se han conservado por mucho tiempo las comunicaciones entre la atmósfera y el interior del globo; réstame anotar estos puntos, separar numerosos volcanes que han sido activos en épocas históricas, pero muy atrasadas, de los que hoy lo son, y dividir los últimos en dos clases, segun pertenezcan á los continentes ó á las islas. Si todos los volcanes que creo deber comprender en esta recapitulacion, para construir lo que se llama el número límite ó el límite inferior de los volcanes activos, ejerciesen simultáneamente su actividad, tendrian ciertamente una influencia notable en la composicion de la atmósfera, en sus condiciones climatológicas y sobre todo eléctricas. Pero los intervalos de las erupciones disminuyen su efecto, y lo encierran por lo general en localidades circunscritas. En las grandes erupciones se forman alrededor de los cráteres, á consecuencia de la evaporacion, tempestades volcánicas acompañadas de relámpagos y violentas lluvias, que devastan frecuentemente las cercanías; pero este fenómeno atmosférico no tiene consecuencias generales. La notable oscuridad que en 1783 cubrió durante muchos meses, desde Mayo á Agosto, una parte considerable de la Europa, del Asia y del Africa setentrional, mientras que el cielo permanecia puro y sin nubes en las altas montañas de Suiza, se atribuyó y aun se atribuye, á la gran actividad volcánica de la Islandia y á los temblores de tierra de la Calabria, pero la estension de dicho fenómeno hace que este orígen sea muy inverosímil para mí. Debe reconocerse sin embargo que los temblores de tierra, cuando abarcan un gran espacio, pueden tener una influen-

Digitized by Google

cia mas probable que el hecho aislado de una erupcion volcánica en el adelanto de la estacion de las lluvias, y esto es lo que se vió en la meseta de Quito y en Riobamba en Febrero de 1797, en la parte Sudeste de la Europa y en el Asia menor, durante la primavera de 1856.

En el Cuadro siguiente, la primer cifra de la última columna, indica el número de los volcanes precedentemente citados; la segunda cifra, colocada entre paréntesis, señala cuantos de entre ellos, han dado pruebas recientes de actividad volcánica.

Digitized by Google

NÚMERO DE LOS VOLCANES REPARTIDOS
EN LA SUPERFICIE DEL GLOBO.

LUGARES.	NUMERO.	PAGINA.
I. Europa.	7 (4)	298
II. Islas del Océano Atlántico	14 (8)	300
III. Africa.	3 (1)	304
IV. Asia continental.	25 (15)	
1. Asia occidental y central . . .	11 (6)	306
2. Península del Kamtschatka. . .	14 (9)	312
V. Islas del Asia oriental.	69 (54)	318
VI. Islas del Asia meridional.	120 (56)	330
VII. Océano Indico.	9 (5)	335
VIII. Mar del Sud.	40 (26)	340
IX. América continental.	115 (53)	
1. América del Sud.	56 (26)	
Chile.	24 (13)	247-252
Perú y Bolivia.	14 (3)	247-251
Quito y Nueva Granada.	18 (10)	247-248
2. América central.	29 (18)	236-240
3. Méjico, al sud del rio Gila. . .	6 (4)	241-253
4. Parte noroeste de la América,		y 353
al Norte del Gila.	24 (5)	354
Antillas (94).	5 (3)	nota 94.
	407 (225)	

Digitized by Google

Este largo trabajo, para cuya realizacion he creido deber remontarme á las fuentes, es decir á las relaciones de viajes de los geólogos y geógrafos, prueba que, de 407 volcanes, 225 han dado pruebas de actividad en los tiempos modernos. Las listas anteriores de los volcanes activos contenian las unas 30, las otras 50 de menos (95), porque estaban compuestas segun principios diferentes. No he incluido sin embargo en esta categoría sino los volcanes que han exhalado vapores ó que tuvieron, en el siglo XIX ó en la segunda mitad del XVIII, erupciones históricamente comprobadas. Cierto que existen volcanes cuya actividad se ha despertado despues de cuatrocientos años y mas de intervalo; pero estos fenómenos son en estremo raros. Puede seguirse la larga série de las grandes erupciones del Vesubio, en los años 79, 203, 512, 652, 983, 1138 y 1500. Respecto del Epomeo de Isquia, no se conocian, con anterioridad á la gran erupcion de 1302, mas que las de los años 36 y 45 antes de la era cristiana.

Strabon, que murió en tiempo de Tiberio, á la edad de 90 años, 99 despues que Espartaco se habia retirado al Vesubio, y que no tenia conocimiento histórico alguno de erupciones anteriores, declara sin embargo que esta montaña es un antiguo volcan apagado hacia mucho tiempo. «Estos lugares, dice hablando de Herculano y de Pompeya, están dominados por el Vesubio, rodeado de ricos campos, escepto en su vértice, cuya mayor parte presenta una superficie plana, completamente estéril que ofrece el aspecto de un monton de cenizas. En medio de rocas de color oscuro, que parecen consumidas por el fuego, se ven capas grieteadas. Podríase creer que esos lugares ardieron en otro tiempo, y que contenian cráteres de fuego, en donde se apagó el incendio por falta de alimento (96).» Esta descripcion no cita ni el cono de cenizas ni la depresion en forma de cráter del antiguo vértice, cuyas murallas pudie-

Digitized by Google

ron servir de refugio á Espartaco y á sus gladiadores (97).

Diodoro de Sicilia, contemporáneo de César y de Augusto, refiriendo los viajes de Hércules y sus combates con los gigantes en los campos Flegráneos, pinta lo que, dice, se llama hoy el Vesubio, como una eminencia (λόφος) semejante al Etna de la Sicilia, que en otro tiempo vomitó llamas abundantemente y conserva todavía señales de su antiguo abrasamiento (98), y designa todo el espacio comprendido entre Cumes y Neápolis con el nombre de campos Flegráneos. Polibio hizo estensivo este nombre al espacio aun mas vasto que va de Capua á Nola (99). Por su parte, Strabon, que describe con tanta verdad local la comarca próxima de Puteoli (Dicæarquia), en la cual está situada la gran sulfatara, la llama Ἡφαίστου ἀγορά (100); á esta comarca se limitó mas adelante la denominacion de φλεγραῖα πεδία, y aun hoy oponen los geognostas, bajo el respecto de la composicion mineralógica, las lavas que cubren los campos Flegráneos á las que rodean el Vesubio. Esta misma opinion que tuvo, en una época lejana, del fuego bajo el Vesubio, y la de que esta montaña estuvo en otro tiempo en erupcion, se vuelve á hallar espresada sériamente en un pasaje de la Arquitectura de Vitrubio, al cual no se ha atendido hasta hoy (1): «Non minus etiam memoratur antiquitus crevisse ardores et abundavisse sub Vesubio monte, et inde evomuisse circa agros flammam. Ideo que nunc qui spongia sive pumex Pompeianus vocatur, excoctus ex alio genere lapidis, in hanc redactus esse videtur generis qualitatem. Id autem genus spongiæ, quod inde eximitur, non in omnibus locis nascitur, nisi circum Ætnam et collibus Mysiæ qui á Græcis κατακεκαυμένοι nominantur.» Las investigaciones de Bœckh y de Hirt han puesto fuera de duda que Vitrubio vivió en tiempo de Augusto (2), es decir por lo menos un siglo antes de la erupcion del Vesubio que costó la vida á Plinio el Viejo. La adquisicion de este hecho dá un gran

Digitized by Google

interés al pasaje que acabo de citar, y en particular á la espresion *pumex Pompejanus*, que liga la idea de piedra pomez á la de Pompeya; con esto puede esclarecerse la cuestion de si, segun la ingeniosa hipótesis de Buch, Pompeya se cubrió solo de toba de pomez, de formacion sub-marina, levantada al mismo tiempo que el vértice, y cuyas capas horizontales se estienden por toda la superficie del pais, entre la cadena de los Apeninos y la costa occidental, desde Cápua hasta Sorrento, desde Nola hasta mas allá de Nápoles, ó si el Vesubio, contrariamente á sus costumbres actuales, arrojó pomez de su propio fondo.

Carmine Lippi (3), que, en 1816, atribuia á una inundacion la toba bajo la cual quedó sepultada Pompeya, lo mismo que su ingenioso adversario Archangelo Scacchi, en la carta que dirigió al caballero Avellino en 1843, llaman la atencion sobre el notable fenómeno de que una parte de las piedras pomez de Pompeya y la Somma contienen pequeños trozos de calcáreo que no han perdido su ácido carbónico, lo cual, á decir verdad, no debe causar gran sorpresa, si esos trozos de calcáreo estaban sometidos á una gran presion durante el tiempo de su formacion ígnea. Tuve ocasion de ver ejemplares de esas pomez, en la interesante coleccion geológica de mi sabio amigo y colega el doctor Ewald. La semejanza de la composicion mineralógica, en dos puntos opuestos, puede dar lugar á preguntar si, en la erupcion del año 79, la capa que cubrió á Pompeya fué precipitada á lo largo de la pendiente de la Somma, como dice Buch, ó si, como afirma Scacchi, el cráter del Vesubio nuevamente abierto arrojó simultáneamente piedra pomez del lado de Pompeya y sobre la Somma. La sustancia designada en tiempo de Vitrubio, es decir de Augusto, con el nombre de *pumex Pompeianus*, nos lleva á las erupciones anteriores á Plinio. Lo que sabemos de los cambios que han sufrido las for-

Digitized by Google

maciones, en las diferentes edades y segun los diversos estados de la actividad volcánica, apenas nos autoriza á negar rotundamente que el Vesubio, desde su nacimiento, no ha producido nunca pomez, como tampoco para admitir de una manera absoluta que la pomez, es decir, un mineral piróxeno en el estado fibroso ó poroso, solo puede formarse allí donde la obsidiana ó el traquito existen juntamente con el feldespato vitreo ó sanidina.

Si despues de los ejemplos que hé citado de los largos intérvalos segun los cuales puede despertarse la actividad aletargada de los volcanes, queda mucha incertidumbre sobre el porvenir de los que parecen apagados, no es por ello menos importante comprobar, en una época determinada, la distribucion geográfica de los volcanes activos. De los 225 abismos que en pleno siglo XIX ponen en comunicacion el interior liquefactado del globo, con la atmósfera, 70, es decir, poco menos de un tercio pertenece á los continentes, y 155 á las islas. De los 70 volcanes continentales, 53, ó sean las tres cuartas partes, están situados en América, 15 en en Asia, 1 ó 2 en la region del Africa que nos es conocida; no hay mas que uno solo en Europa. Donde se encuentran reunidos en un menor espacio, mayor número de volcanes insulares es, en las islas del Asia meridional, en los archipiélagos de la Sonda y de las Molucas, y en las islas Aleuticas y Kuriles que se unen al Asia. En toda la superficie terrestre, la zona dirigida de Sudeste á Noroeste, entre 75 de longitud occidental y 125° de longitud oriental, entre 47° de latitud austral y 66° de latitud boreal, que comprende la parte occidental del Océano Pacífico, es la mas rica en volcanes.

Si concretándonos siempre á un punto de vista cosmológico, nos representamos el golfo inmenso que se acostumbra á llamar mar del Sud ó el Océano Pacífico, limitado al Norte por el paralelo del estrecho de Bering, al Sud por

Digitized by Google

el de la Nueva Zelandia que separa á Chile de la Patagonia, hállase el notable resultado de que la cuenca así formada, uniendo á ella las costas de Asia y de América que dibujan su contorno, contiene $^7/_8$ de los volcanes activos, es decir 198 de 225. Los volcanes mas próximos á los polos son, segun el estado actual de los conocimientos geográficos: en el hemisferio boreal, el volcan Esk, de la pequeña isla Jan Mayen (lat. 71° 1′, long. 9° 51′ Oeste de París); en el hemisferio austral, el monte Erebus que vomita llamas rojizas, visibles aun en pleno dia (lat. 77° 33′, long. 164° 38′ Este de París). En 1841, Ross, en su gran viaje de descubrimientos á las regiones australes, halló el Erebus de 11,633 pies de altura, es decir de una elevacion mayor en 225 pies que la del pico de Tenerife (4).

La abundancia relativa de los volcanes estendidos por las islas y las costas de los continentes debió llamar desde luego la atencion de los geognostas. He citado ya en otra parte la complicada teoría de un historiador contemporáneo de Augusto, Trogue Pompeyo, segun el cual el fuego volcánico se reanima por el agua del mar. Los efectos químicos y mecánicos, producidos por la proximidad del mar, han tenido defensores hasta nuestros dias, y la antigua hipótesis de la filtracion de las aguas en el foco volcánico pareció descansar en un fundamento mas sólido, cuando Davy descubrió las bases metálicas de las tierras; pero el mismo Davy abandonó bien pronto esta hipótesis, hacia la cual se inclinaba Gay-Lussac á pesar de la rareza ó carencia completa del hidrógeno (5). Yo atribuiria mas certeza á las causas mecánicas ó mas bien dinámicas, ya se las busque en el levantamiento de los continentes y en las arrugas ó desigual espesor de la corteza terrestre. Puede admitirse, con efecto, que las depresiones producidas en el fondo del mar cuando el levantamiento de los continentes, hayan determinado en las costas, que elevan sobre el mar

Digitized by Google

sus pendientes, mas ó menos escarpadas, algunas fallas que establecieran comunicacion entre el esterior y el interior del globo. En el interior de los continentes, lejos de las depresiones formadas por la cuenca oceánica, no existen las mismas causas de ruptura. Los volcanes siguen la direccion de las playas, ya en una sola línea, ya en dos y aun en tres líneas paralelas. Estas líneas están ligadas entre sí por pequeñas cadenas trasversales, levantadas sobre fallas igualmente trasversales y que constituyen los nudos de montañas. Frecuentemente, aunque no siempre, la cadena mas próxima al mar es la mas activa, mientras que las cadenas mas interiores parecen apagadas ó próximas á apagarse. A veces cree notarse que, en una misma hilera de volcanes, aumenta ó disminuye la frecuencia de las erupciones, segun una direccion determinada. Pero al despertar de la actividad volcánica desmiente, despues de largos intervalos, estas conjeturas.

Como, á causa de no haber determinado con certeza la posicion de los volcanes y los puntos de la costa á los cuales se aproximan mas, ó por no haber tenido bastante presentes estos cálculos, se han estendido nociones muy inexactas sobre los intervalos que existen entre las orillas del mar y los sitios en donde se manifiesta la actividad volcánica, doy aquí esas distancias en millas geográficas de 15 al grado. En las Cordilleras de Quito, el Sangay, cuyas erupciones no cesan, es el mas oriental de todos los volcanes; sin embargo dista solo 28 millas del mar. Frailes muy instruidos, agregados á las misiones de los *Indios Andaquies* que habitan el Alto Putumayo, me han asegurado haber visto humear una montaña cónica de pequeña altura, en la corriente superior del Rio de la Fragua, uno de los afluentes del Caqueta, al Este de la Céja (6); la distancia de este volcan á las costas, seria en tal caso de 40 millas. El volcan mejicano el Jorullo, levantado en Setiembre de 1759, está á 21

Digitized by Google

millas del punto mas próximo á la playa; el Popocatepetl á 33 millas; un volcan apagado, situado sobre la cordillera oriental de la Bolivia, en el valle de Yucai, cerca de San Pedro de Cacha, está á mas de 45 millas (7). Los volcanes del Siebengebirge, cerca de Bonn, y los del Eifel, se hallan separados del mar por distancias de 33 y de 38 millas (8). En cuanto á los de la Auvernia, del Velay y del Vivarais (9), que pueden considerarse como formando tres grupos independientes, el grupo del Puy-de-Dôme, comprendiéndose en él los montes Dore, el del Cantal y el del Puy-et-Mezenc, sus distancias respectivas son de 37, 29 y 21 millas. Los volcanes apagados de Olot, al Sud de los Pirineos, al Oeste de Gerona, de donde han salido corrientes de lava fáciles de reconocer y á veces divididas, estan solo á 7 millas de las costas de Cataluña. Por el contrario, lo menos hay de 150 á 170 millas entre los volcanes reconocidos de las Rocky-Mountains que, segun todas las apariencias, se apagaron muy recientemente, y el litoral del oceano Pacífico.

Un fenómeno muy anormal en la distribucion geográfica de los volcanes es la presencia en medio de la cadena del Thian-schan ó Montañas Celestes, entre las dos cadenas paralelas del Altai y del Kuen-un, de volcanes que han dado pruebas históricamente ciertas de su actividad, y que quizas arden todavía. Guiado por las ingeniosas y sabias investigaciones del eminente sinólogo Julien, he podido tratar detalladamente en el *Asia Central*, de esos volcanes cuya existencia fue reconocida primeramente por Remusat y Klaproth (10). El Pe-schan, ó Montaña-Blanca, que arrojó corrientes de lava, y el volcan todavía encendido de Turfan, ú Hotscheu, estan á distancias casi iguales de las costas del mar Glacial y de las del mar de las Indias, á 370 millas de las primeras y 380 de las segundas. Hay que añadir que el Pe-schan, cuyas erupciones de lava se hallan enumeradas distintamente en las obras chinas, desde el año 89

Digitized by Google

de nuestra era hasta principios del siglo VII, no se halla separado del lago alpino Yssikul, en la pendiente del Temurtutagh, ó parte occidental de Thian-schan, mas que 43 millas y 52 del lago Balkasch, situado mas al Norte, y que no tiene menos de 37 millas de longitud (11). El gran lago Dsaisang, en la Dsungaria china, cerca del cual me encontraba en 1829, está á 90 millas de los volcanes del Thian-schan. Así que no faltan las aguas interiores; pero mas apartadas de lo que lo está el mar Caspio del volcan activo todavía de Demavend, en el Mazenderan pérsico.

Si las masas de agua, ya oceánicas, ya interiores, no son necesarias al sostenimiento de la actividad volcánica, es verosímil, como me inclino á creer, que las islas y las costas son mas ricas en volcanes porque á los levantamientos causados por las fuerzas elásticas interiores corresponde un descenso en el fondo de los mares (12). De aquí resulta que los crecimientos y las depresiones son limítrofes, y que se producen fallas profundas y grandes aberturas en el límite que los separa. Nada impide pues admitir que, en la zona del Asia central que se estiende de 41 á 48 grados de latitud, la gran depresion Aralo-Caspia y el número considerable de lagos colocados en fila ó esparcidos entre el Thian-schan y el Altai-Kurtschum han podido dar orígen á los mismos fenómenos que la proximidad de las costas del mar. Sábese por tradicion que todos esos pequeños lagos, á los cuales se ha dado el nombre de *lagos de rosario*, no formaban en otro tiempo mas que una estensa cuenca. Vese todavia cómo se dividen grandes lagos, por la desproporcion de las aguas que reciben y de la que les roba la evaporacion. Un viajero que ha estudiado mucho tiempo la estepa de los Kirgisos, el general Genz, suponia una comunicacion hidráulica entre el lago Aral, el Aksakal, el Sary-Kupa y el Tschagli. Nótase, en direccion Sud-Oeste al Nordeste, un gran surco que se puede seguir mas allá de Omsk,

Digitized by Google

entre el Irtysch y el Obi, al principio, á traves de la estepa de los Barabintsky, sembrada de numerosos lágos, y despues por en medio de las llanuras pantanosas de los Samoyedas, hasta Beresow y las costas del mar Glacial. A este surco se refiere quizás una antigua tradicion muy estendida, segun la cual debió haber existido al Este y al Sud de Hami, un gran lago amargo, llamado tambien Mar-Seco. (Hanhai). Cuéntase que de en medio de ese lago salió, como una isla, una parte del Gobi, cuyo centro cubierto de lagos salados y de pantanos solo se eleva, segun las medidas barométricas bastante exactas del doctor de Bunge, 2,400 pies sobre el nivel del Oceano. Un hecho geológico que hasta hoy no ha llamado suficientemente la atencion, es el de que, vacas marinas, parecidas en un todo á las que habitan en rebaños en el mar Caspio y el Baikal (13), vuelven á hallarse á 100 millas geográficas, en el pequeño lago de Oron, lleno de agua dulce, y que solo tiene algunas millas de circunferencia, mientras que no existen en la Léna, aunque el rio Witim, uno de sus afluentes, esté en comunicacion con el lago de Oron (14). El aislamiento en que viven hoy esos animales, la distancia que los separa de la embocadura del Volga, distancia de 900 millas geográficas, es tambien fenómeno geológico notable, que revela un antiguo sistema de comunicacion entre las aguas. Las inmensas y numerosas depresiones que ha esperimentado el suelo del Asia central ¿habran tenido, por escepcion, la misma influencia sobre el crecimiento continental, y creado las mismas relaciones que produce, en las playas, en los bordes de las fallas de levantamiento, el descenso del lecho de los mares?

Relaciones dignas de confianza, dirigidas al emperador Kanghi, han demostrado la existencia de un volcan apagado, á gran distancia hácia el Este, en la parte Nor-Oeste de la Mandchuria, en los alrededores de Mergen,

Digitized by Google

probablemente á 48° 50′ de latitud y 120 de longitud Este de París. El monte Bo-schan ó Ujun-Holdongi (las nueve colinas), situado al Sud-Oeste y á tres ó cuatro leguas de Mergen, vomitó escorias y lavas en el mes de Enero de 1721. Las colinas formadas por el hacinamiento de las escorias tenian, segun los personajes encargados por el emperador Kanghi de la esploracion de los lugares, un perímetro de seis millas geográficas. Dícese tambien en la Relacion que una corriente de lava habia dado orígen á un lago, deteniendo el curso del rio Udelin. Segun Relaciones chinas menos circunstanciadas, el Bo-schan tuvo una erupcion de llamas en el siglo VII de nuestra era. Esta montaña está próximamente á 105 millas geográficas del mar; mas de tres veces la distancia del Jorullo á las costas mas próximas, y casi la del Himalaya (15). Estos datos geognósticos sobre la Mandchuria se deben á las investigaciones de Wassiljew (16) y de Semenow, el sabio traductor de la gran obra de Ritter, que insertó una Memoria sobre este asunto en el tomo XVII de la Coleccion publicada por la Sociedad imperial de Geografía.

A propósito de la distribucion geográfica de los volcanes, repartidos en mayor número por las islas y las costas, ó lo que es lo mismo, á propósito de las eminencias que rodean el levantamiento de los continentes, se ha tenido presente una desigualdad probable en el espesor de la corteza terrestre. Es general la creencia de que la superficie de la masa en fusion está mas cerca de la superficie terrestre en los puntos donde han surgido los volcanes. Pero como pueden admitirse muchos grados de consistencia en la materia que tiende á solidificarse, es difícil representarse con bastante claridad esta superficie de la masa en fusion, para tener derecho á considerar como la causa principal de todas las erupciones, fallas, levantamientos, depresiones, un cambio local de capacidad en la corteza ter-

Digitized by Google

restre ya en estado sólido. Si estuviéramos autorizados para determinar lo que se llama el espesor de la corteza terrestre, segun de las observaciones hechas en los pozos artesianos y segun la temperatura de fusion del granito, suponiendo que la temperatura interior del globo sigue una proporcion aritmética (17), hallaríase que el espesor de la corteza terrestre es igual á 5 millas geográficas y $^2/_{10}$, es decir, á $^1/_{329}$ del diámetro polar (18). Pero los efectos de la presion y de la conductibilidad, variable segun las rocas, hacen pensar que, á medida que la profundidad aumenta, el crecimiento del calor llega á ser menos rápido.

A pesar del reducido número de puntos por los cuales está actualmente el interior del globo en comunicacion activa con la atmósfera, interesa buscar de qué manera y en qué medida obran las exhalaciones gaseosas sobre la composicion química del aire, y por consiguiente sobre la vida orgánica que se desarrolla en la superficie del suelo. Ante todo, es preciso tener presente el hecho de que los gases salen menos de los cráteres colocados en el vértice de las montañas que de los pequeños conos de erupcion y de grietas que rodean un número tan grande de volcanes, y cubren espacios considerables. Comarcas enteras en Islandia, en el Cáucaso, en la meseta de la Armenia, en Java, en las islas Galápagos, en las de Sandwich, y en la Nueva-Zelandia, manifiestan sin interrupcion su actividad por sulfataras, fuentes de nafta y salsas. Las regiones volcánicas estimadas como apagadas pueden considerarse tambien como fuentes de gas, y aunque continúen emitiendo durante años enteros vapores visibles é invisibles, los campos de lavas arrojadas de los volcanes, es probable que el juego silencioso de las fuerzas subterráneas que componen y descomponen es mas productivo, bajo la relacion de la cantidad, que las erupciones, fenómenos mas grandiosos seguramente, pero mas raros. Si se cree deber despreciar

Digitized by Google

esos pequeños fenómenos químicos, porque la agregacion de partes insignificantes, relativamente al inmenso volúmen de la atmósfera, agitada contínuamente por corrientes, no podria alterar sensiblemente su constitucion primitiva (19), recordaremos la inmensa influencia que, segun las delicadas investigaciones de Percival, de Saussure, de Boussingault y de Liebig, pueden ejercer tres ó cuatro diez milésimas de ácido carbónico estendidas por la atmósfera, sobre la existencia del organismo vegetal. Sábese, por las investigaciones, igualmente bellas, de Bunsen sobre los gases volcánicos, que las emisiones de las fallas varían segun los diferentes períodos de su actividad y las circunstancias locales. Las del Hecla, por ejemplo, dan 0,81 á 0,83 de ázoe, y las corrientes de lava de esta montaña desprenden 0,78, con corta cantidad de ácido carbónico (0,01 á 0,02). Otras, situadas tambien en Islandia, cerca de Krisuvik, cuentan de 0,86 á 0,87 de ácido carbónico, con 0,01 escasamente de ázoe (20). Segun el importante trabajo de Sainte-Claire-Deville y Bornemann, sobre las emanaciones gaseosas en la Italia meridional y en Sicilia, las exhalaciones de una falla profundamente abierta en el cráter de Vulcano, contienen gran cantidad de ázoe (0,98), pero hállanse tambien allí vapores sulfurosos, con una mezcla de 74,7 de ázoe y 18,5 de oxígeno. Esta mezcla no difiere mucho de la atmosférica. El gas que se escapa de la fuente Acqua-Santa, cerca de Catana (21), es por el contrario ázoe puro, semejante en un todo al gas que exhalaban los volcancitos de Turbaco, en la época de mi viaje á América (22).

Toda la cantidad de ázoe que arroja la actividad volcánica en la atmósfera, ¿es introducida en los volcanes por las lluvias meteóricas, ó existen fuentes de ázoe ocultas en las profundidades de la Tierra? Conviene recordar á este respecto que, segun mis propias esperiencias, el aire contenido en el agua de lluvia encierra solo 0,69 de ázoe, y

Digitized by Google

no 0,79 como el aire respirable. El ázoe es un manantial fecundo de produccion para la sal de amoniaco, por medio de las descargas eléctricas, casi diarias en las regiones tropicales (23). La influencia del ázoe sobre la vegetacion es semejante á la del substratum del ácido carbónico de la atmósfera.

Al analizar Boussingault los gases de los volcanes próximos al Ecuador, del Tolima, del Puraz, los volcanes de Pasto, de Tuqueras y de Cumbal, encontró ácido carbónico y gas hidrógeno sulfurado, con una gran cantidad de vapor de agua, pero no halló ácido muriático, ni ázoe ó hidrógeno en libertad (24). La influencia que el interior del globo ejerce aun en la actualidad sobre la composicion química de la atmósfera, por sustancias que ha tomado de ella para devolvérselas bajo otra forma, no es realmente mas que una parte insignificante de las revoluciones químicas que debe haber sufrido la atmósfera, en los tiempos primitivos, á consecuencia del levantamiento de grandes masas roquizas sobre fallas terrestres. Comparando la profundidad de las hulleras con la capa de carbon que los bosques mas espesos de la zona templada podrian añadir al suelo en cien años, y que, segun el cálculo de Chevandier, no escede de siete líneas, puede admitirse la hipótesis probable en sí misma de que la envuelta gaseosa de la Tierra debió contener en otro tiempo una gran cantidad de ácido carbónico (25).

En la infancia de la Geognosia, antes de las ingeniosas hipótesis de Dolomieu, no se colocaba la fuente de la actividad volcánica en las formaciones mas antiguas, que se creia fueran el granito y el gneiss. Algunas analogías de inflamabilidad, indujeron á pensar durante algun tiempo en que la fuente de las erupciones volcánicas y las emanaciones gaseosas que son su consecuencia hace muchos siglos, debe buscarse en las capas sedimentarias de formacion mas

Digitized by Google

reciente que contienen materias combustibles y pertenecen al grupo silúrico superior. Un conocimiento mas general de la superficie terrestre, investigaciones mejor hechas y mas profundas, y especialmente los servicios prestados á la Geología por los descubrimientos de la Química moderna, han esclarecido mucho estas cuestiones. Sábese hoy que los tres grandes grupos de rocas volcánicas ó eruptivas, el traquito, el fonolito y el basalto, aunque de edad diferente y separados uno de otro con gran frecuencia, como grandes masas, han salido á la superficie de la Tierra despues de las formaciones plutónicas, tales como el granito, la diorita y el pórfiro cuarzoso, y despues de todas las formaciones silúricas, terciarias y cuaternarias ó *pleistocenes*; sábese tambien que á menudo atraviesan los lechos disgregados de conglomerados diluvianos y brechas óseas. Todas estas especies de aberturas distintas se encuentran reunidas en Auvernia, en un espacio circunscrito, segun ha hecho notar Rozet (26); porque aunque las grandes masas traquíticas del Cantal, del Mont-Doré y del Puy-de-Dome atraviesen el granito mismo, y contengan á trechos, por ejemplo entre Vic y Aurillac y sobre el *Giou-de-Mamon*, grandes fragmentos de gneiss y de calcáreo (27), vése sin embargo tambien al traquito y al basalto abrir vetas á través del gneiss y las rocas carboníferas de capas terciarias y diluvianas. El basalto y el fonolito, íntimamente unidos entre sí, como lo prueban los Mittel-Gebirge de Bohemia y las montañas de Auvernia, son de formacion mas moderna que los traquitos, que generalmente están cruzados de vetas de basalto (28). Pero á su vez el fonolito es mas antiguo que el basalto, en el cual es probable que no existan vetas, mientras que por el contrario vetas de basalto existen frecuentemente en el porfiro esquistoso ó fonolito. En los Andes de Quito, apenas he encontrado la formacion basáltica lejos de los traquitos que dominan en

Digitized by Google

esas montañas, á no ser en el Rio-Pisque y en el valle de Guaillabamba (29).

Como en la meseta volcánica de Quito se halla todo cubierto de traquito, de conglomerados traquíticos y de tobas, me dediqué con ardor á buscar un punto desde donde pudiera reconocerse sobre cual de las rocas mas antiguas están colocadas las poderosas montañas en forma de conos y de campanas, ó, hablando con mas claridad, qué rocas rompieron. Satisfice mi deseo, el mes de Junio de 1802, cuando, saliendo de Riobamba Nuevo, de 8,898 pies de altura sobre el océano Pacífico, intenté subir al Tunguragua por la parte de la *Cuchilla-de-Guandisava*. Salí del pueblo encantador de Penipe por el puente de maroma del Rio-Puela, y me dirigia hácia la *Hacienda de Guansce*, situada solitariamente á 7,440 pies de altura, frente á la union de Rio-Blanco y de Rio-Chambo, cerca del lugar donde se levanta por la parte Sud-Este, una magnífica columnata de traquito negro semejante al pestein. De lejos, creia estar viendo las canteras basálticas de Unkel. En el Chimborazo, algo mas arriba del estanque de Jana-Cocha, ví columnas de traquito agrupadas de la misma manera, aunque mas altas y menos regulares. Al Sud-Este de Penipe, la mayor parte de las columnas tienen cinco caras; su diámetro es de 14 pulgadas; generalmente presentan inflexiones y son divergentes. Al pie de los traquitos negros de Penipe, cerca de la embocadura del Rio-Blanco, se observa un fenómeno inesperado en este punto de las Cordilleras: el esquisto micáceo de un blanco verdoso, conteniendo granates, y mas lejos, al otro lado del pequeño rio pantanoso de Bascaguan, cerca del Rio-Puela y de la Hacienda de Guansce, granito de grano medio, con feldespato de un rojo claro, algo de mica de un verde negruzco, y mucho cuarzo de un blanco gris, confudiendo probableamente con el esquisto micáceo. No hay anfibol ni sienita. Los traquitos

Digitized by Google

de Tunguragua, semejantes á los del Chimborazo por su constitucion mineralógica, han penetrado tambien el granito y el esquisto micáceo. Mas lejos, hácia el Sud, algo al Este del camino que conduce de Riobamba-Nuevo á Guamonta y á Ticsan; y hácia el lugar en donde la Cordillera se separa de la costa, aparecen por doquiera al pie del Altar de los Collanes, del Cuvillan y del Páramo del Hatillo, las rocas tenidas como primitivas en tiempos anteriores, es decir, el esquisto micáceo y el gneiss. Antes de la llegada de los Españoles, y antes tambien que la dominacion de los Incas se estendiese tanto hácia el Norte, dícese que los naturales habian esplotado algunos depósitos metalíferos en las cercanías de los volcanes. Obsérvanse, algo al Sud de San Luis, numerosas vetas de cuarzo que atraviesan un esquisto arcilloso verdoso. Cerca de Guamota, á la entrada de la llanura herbosa de Tiocaxa, encontramos grandes masas de gestellstein ó cuarzito muy pobre de mica, cuya estructura muestra líneas paralelas bien determinadas, y de una inclinacion de 70° hácia el Norte por lo regular. Mas lejos, del lado del Sud, muy cerca de Ticsan, y á poca distancia de Alausi, el *Cerro Cuello de Ticsan* presenta masas considerables de azufre encajadas en un lecho de cuarzo, el cual está subordinado á capas adyacentes de esquisto micáceo. A primera vista en esta espansion de cuarzo en la proximidad de volcanes traquíticos hay algo que desorienta. Pero los escelentes trabajos que ha hecho sobre el Sangay el geólogo francés, Wisse, confirmaron, 47 años despues, las observaciones que hice en el Tunguragua, sobre la superposicion ó mas bien sobre la erupcion del traquito á través del esquisto micáceo y el granito, fenómeno tan raro en las Cordilleras y tan comun en Auvernia.

El Sangay, 1,260 pies mas alto que el Mont-Blanc, y completamente falto de corrientes de lava, carácter comun al Stromboli, segun Deville, pero que arroja sin interrup-

Digitized by Google

cion, por lo menos desde 1728, piedras negras inflamadas por lo comun, forma en medio de las capas de granito y de gneiss, una isla traquítica, que tiene á lo mas dos millas geográficas de diámetro (30). Los yacimientos del Eifel presentan, como he notado ya, relaciones completamente opuestas tanto con respecto á los cráteres de esplosion ó embudos de minas del esquisto devoniano, como á las andamiadas de donde salen las lavas, segun es de ver en la larga cumbre del Moselberg y del Gerolstein. La superficie no deja adivinar lo que oculta el interior. La carencia de traquito en volcanes tan activos, há miles de años, es un fenómeno aun mas sorprendente. Las escorias del Mosenberg, que contienen augita, y acompañan en muchos puntos á corrientes de lava basáltica, comprenden tambien pequeños trozos calcinados de esquisto, pero no fragmentos de traquito. En los alrededores faltan los traquitos. Esta roca se presenta aisladamente en el Eifel, lejos de los cráteres de esplosion y de los volcanes de corrientes de lava (31), como por ejemplo, en Sellberg, cerca de Quiddelbach, y en la cadena de Reimerath. La variedad de las formaciones que se descubren en los volcanes, para ejercer su accion poderosa en la superficie de la corteza terrestre, importa tanto á la Geognosia como las sustancias mismas arrojadas por ellos.

Las configuraciones relativas de las andamiadas á través de las cuales se manifiesta ó pugna por manifestarse la actividad volcánica han sido tambien, en estos últimos tiempos, profundizadas y representadas con mas exactitud que en el siglo precedente. En esta época, la morfología de los volcanes se limitaba á las montañas en forma de cono ó de campana; hoy comprende todas las variedades, generalmente muy complicadas, que pueden ofecerse bajo las mas lejanas zonas. Conócese de una manera muy satisfactoria la estructura, hipsometría y agrupacion de gran número de

Digitized by Google

volcanes, todo lo que el penetrante geólogo Naumann llama *Geotegtónica* (32), mientras se ha permanecido en una completa ignorancia de los detalles relativos á la composicion de las rocas y á la asociacion de las especies minerales que caracterizan los traquitos, y llegan á reconocerse cuando están separadas de la masa principal. Sin embargo, estas dos ramas de conocimientos, la que se aplica á la configuracion de las armaduras roquizas, y la que tiene por objeto su composicion mineralógica, en otros términos la Morfologia y la Origtognosia de los volcanes, son igualmente necesarias para abarcar el conjunto de la actividad volcánica. Quizá la última, fundada en la cristalizacion y el análisis químico debe considerarse como la mas importante, en razon de sus relaciones con las rocas plutónicas, á saber, el pórfiro cuarzífero, el grünstein y la serpentina. Lo que creemos conocer del vulcanismo de la Tierra se halla limitado á la configuracion de los volcanes (33).

Si, como espero, las ideas que aquí espreso acerca de la clasificacion de las rocas volcánicas, ó para hablar de una manera mas precisa, sobre la division de los traquitos segun su composicion, despiertan algun interés, la gloria del éxito corresponde por completo á mi antiguo amigo Rose. Las observaciones que tiene hechas en vastas comarcas, y, por decirlo asi, en el seno de la naturaleza libre, como la feliz alianza de conocimientos químicos, cristalográficos, mineralógicos y geológicos, le destinaban á propagar nuevas miras sobre el conjunto de los minerales, cuya asociacion, frecuentemente reproducida aunque diferentemente combinada, es el resultado de la actividad volcánica. Particularmente desde el año de 1834, ha analizado muchas veces á instancias mias y para complacerme, los fragmentos que habia yo recogido en los volcanes de Nueva-Granada, de los Pastos, de Quito, y de la meseta mejicana, y los ha comparado con ejemplares de otras comarcas, con-

Digitized by Google

servados en el rico gabinete mineralógico de Berlin. En esta época (1810-1811), en que mis colecciones no estaban todavia separadas de las de mi compañero Bonpland, Buch, que se encontraba en París, de vuelta de la Noruega y disponiendo su viaje hácia Tenerife, habia estudiado esos fragmentos al microscopio con una atencion estremada. Ya tambien antes, durante su estancia en Roma con Gay-Lussac, en 1805, y mas tarde, en Francia, conocia lo que, frente á frente de los volcanes (Julio 1802), escribí yo en mi Diario, sobre algunas montañas, y en general sobre la afinidad entre los volcanes y ciertos pórfiros faltos de cuarzo (34). Conservo, como un precioso recuerdo, algunas hojas llenas de notas referentes á los productos volcánicos de las altas llanuras de Quito y de Méjico, que me fueron entregadas por este gran geognosta, hace cerca de 50 años. Por otra parte, he tenido ocasion de desarrollar la idea de que los viajeros no pueden mas que trasportar de una comarca á otra la ciencia incompleta de su tiempo (35). Faltan á sus observaciones ideas generales porque guiarse, es decir, el conocimiento de caractéres distintivos que puede traer el progreso de la ciencia; las colecciones ordenadas geográficamente son las únicas que encierran un valor duradero.

Restringir, como se hace muchas veces, la denominacion de traquito á las rocas volcánicas que contienen feldespato, particularmente el feldespato vitreo de Werner, la sanidina de Rose y de Abich, en memoria de las rocas de la Auvernia y del Siebengebirge de Bonn, á las cuales se aplicó por vez primera ese nombre, es romper inútilmente el encadenamiento de las rocas volcánicas, y sacrificar las miras elevadas á que conduce este encadenamiento. Esta acepcion muy limitada de la palabra traquito autorizaria para decir que el Etna, rico en labrador, no posee absolutamente traquito; en caso de necesidad mis coleccio-

Digitized by Google

nes demostrarian que esta roca no existe casi en ninguno de los innumerables volcanes esparcidos en las Cordilleras, y que su masa está compuesta de albita. Ahora bien, como en esta época (1835), todo oligoclase era tenido por albita, resultaria de aquí, que todas las rocas volcánicas deberian confundirse en el nombre general de andesita, con que se designa la albita mezclada con algo de anfibol (36). A imitacion mia y segun habia hecho bajo la impresion que me causaron en mis viajes los caractéres comunes á todos los volcanes, á pesar de las diferencias que puede presentar su composicion mineralógica, Rose, colocándose bajo un punto de vista general, ha considerado en su clasificacion, á los traquitos, ortoclase, la sanidina, la anortita de la Somma, la albita, el labrador y el oligoclase como la parte feldespática de las rocas volcánicas. Esto por otra parte estaba conforme con la teoría espuesta por él en su bella Memoria sobre el grupo de los feldespatos (37). Las denominaciones que tienen la pretension de ser definiciones introducen mucha oscuridad en el estudio de las rocas, como tambien en la Química. Yo mismo me he sentido inclinado algun tiempo, á emplear las espresiones traquito-ortoclase, ó traquito-labrador, ó traquito-oligoclase, y por consiguiente á comprender el feldespato vítreo ó sanidina en el género ortoclase ó feldespato comun, en razon á su composicion química. Es cierto que esos nombres eran sencillos y sonoros; pero su simplicidad misma era causa de error; porque si la denominacion traquito-labrador tiene la ventaja de representarnos al mismo tiempo el Etna y el Stromboli, la de traquito-oligoclase en su doble é importante relacion con la augita y el anfibol, tiene el inconveniente de establecer una falsa conexion entre las vastas formaciones del Chimborazo y del volcan de Toluca. La asociacion de un elemento feldespático con uno ú otros dos, es la que en este caso, como en ciertos rellenos de filones, determina el carácter distintivo de las rocas.

Digitized by Google

Doy aquí una clasificacion de los traquitos, tal como la estableció Rose, desde el invierno de 1852, segun los cristales que contienen esas rocas, y que se reconocen cuando se los separa. Las conclusiones esenciales de este trabajo, en el cual jamás se confunde al oligoclase con la albita, son en diez en años anteriores. En esta época Rose habia descubierto, en sus estudios geognósticos sobre los Riesengebirge, que el oligoclase es una parte esencial del granito, tratando de averiguar si esta sustancia no desempeña el mismo papel en otras rocas (38). El trabajo de Rose dió por resultado el importante descubrimiento de que la albita no es nunca parte constitutiva de ninguna roca (39).

Primera division:—«La masa principal solo contiene cristales de feldespato vitreo, dispuestos en tablas y de gran dimension. El anfibol y la mica, ó faltan en absoluto, ó entran en muy pequeña cantidad y como partes puramente accesorias. Pertenecen á esta division: el traquito de los campos Flegráneos, de que está formado el Monte Olibano, cerca de Pozzuoli; el traquito de Isquia y y de la Tolfa, y una region del Mont-Doré, conocido con el nombre de gran Cascada. Preséntase algunas veces la augita en los traquitos del Mont-Doré, en pequeños cristales, pero esto acontece rara vez (40). En los campos Flegráneos no se la encuentra nunca con el anfibol, ni con la leucita, de la cual Hoffmann y yo recojimos algunos fragmentos, Hoffmann sobre el *Lago-Averno*, cerca del camino de Cumas, y yo, en la pendiente del *Monte-Nuovo*, durante el otoño de 1822 (41). Hállanse en mayor y mas grande abundancia fragmentos disgregados de leucitofiro en la isla Prócida y en el *Scoglio-di-S.-Martino*, que está cerca de ella.»

Segunda division.—«La masa principal contiene algunos cristales de feldespato vítreo, y cierta cantidad de pequeños cristales de oligoclase, blancos como la nieve. Estos cristales de oligoclase están mezclados con regulari-

Digitized by Google

dad con el feldespato vítreo, y forman una caverna alrededor del feldespato, como se ve con tanta frecuencia en el granitito de Rose, especie de granito mezclado con feldespato rojo, y sobre todo rico en oligoclase y en mica magnésica, pero sin huella alguna de mica potásica blanca, que constituye la masa principal del Riesengebirge y de las montañas del Iser. A veces se encuentran juntos en pequeña cantidad el anfibol y la mica; algunas variedades contienen tambien augita. Esta division comprende: los traquitos del Drachenfels y de la Perlenhardt en los Siebengebirge de Bonn (42); muchas variedades del Mont-Dore y del Cantal, así como tambien traquitos del Asia Menor, cuyo conocimiento se debe á la actividad del viajero Tchihatchef; los de Afiun Karahisar, renombrado por el cultivo de la adormidera; de Mehammed-Kjoé, en Frigia; de Kajadscyhk y de Donanlar, en Mysia. En esos traquitos, el feldespato vítreo se mezcla con mucho oligoclase y un poco de anfibol y de mica oscura.»

Tercera division.—«La masa principal de esos traquitos dioríticos contiene muchos pequeños cristales de oligoclase, con alfibol y mica magnesica oscura. En esta division entran los traquitos de Egina (43); del valle de Kozlenik, cerca de Schemnitz (44); de Nagyag, en Transilvania; de Montabaur, en el ducado de Nassau; del Stenzelberg y del Wolkenburg, en el Siebengebirge de Bonn; del Puy de Chaumont, cerca de Clermont en Auvernia, y del Liorant en el Cantal. Es necesario añadir aun el Kasbegk en el Cáucaso, los volcanes mejicanos de Toluca y de Orizaba (45), el volcan de Puraz y las magníficas columnas de Pisoja, cerca de Popayan, aunque la naturaleza traquítica de esas columnas pueda sériamente ponerse en duda (46). Las domitas de Buch pertenecen tambien á esta division. En el traquito blanco de granos finos que forma la masa del Puy-de-Dome, están empastados cristales vítreos, á los cuales se

Digitized by Google

ha considerado siempre como feldespato, pero que muestran estrías en todas ocasiones en las caras de mas fácil esfoliacion, y que son en realidad oligoclase; cerca existe el anfibol y un poco de mica. Segun las rocas volcánicas que la coleccion real de Berlin debe á Mœlhausen, agregado en calidad de dibujante y de topógrafo á la *Exploring Expedition* del teniente Whipple, es preciso referir tambien á la tercera division, es decir, á los traquitos dioríticos de Toluca, los traquitos del Mont-Taylor, entre Santa Fé del Nuevo-Méjico y Alburquerque, así como los de Cieneguilla, en la pendiente occidental de las Montañas Roquizas, en el sitio donde, segun las delicadas observaciones de Marcou, cubren la formacion jurásica corrientes de lava negra.» Las mismas mezclas de oligoclase y de anfibol, que ví sobre la meseta de los Aztecas, en la comarca llamada propiamente Anahuac, aunque no en las Cordilleras de la América meridional, se vuelven á hallar al Oeste, y á gran distancia de las Montañas Roquizas y de Zuñi, cerca del rio Mohave, uno de los afluentes del Rio-Colorado (47). Entre las muestras de los traquitos de Java que debo á la amistad del doctor Junghuhn, hemos reconocido los caractéres de la tercera division en tres regiones volcánicas: las del Burung-Agung, de Tjinas y del Gunung-Parang, en el distrito de Batugangi.

Cuarta division.—«La masa principal contiene augita y oligoclase. A esta clase pertenecen: en Africa, el pico de Tenerife (48); en Méjico, el Popocatepetl y el Colima (49); en la América del Sud, el volcan de Tolima, con el Páramo de Ruiz; el volcan de Puraz, cerca de Popayan; los de Pasto y de Cumbal, á juzgar por los fragmentos recogidos por Boussingault; el Rucu-Pichincha, el Antisana, el Cotopaxi, el Chimborazo (50), el Tunguragua, así como las rocas de traquito que cubren las ruinas del antiguo Riobamba. Sobre el Tunguragua se encuentran,

Digitized by Google

al lado de augitas, cristales de uralita de un verde negro, y de media á cinco líneas de largos, de forma augítica perfecta y los planos de esfoliacion del anfibol (51).» Traje del Tunguragua uno de esos fragmentos con cristales distintos de uralita que recogí á la altura de 12,480 pies. Rose reconoció una diferencia sorprendente entre ese fragmento y los siete de traquito de mi coleccion; estimando que este ejemplar recuerda la combinacion del esquisto verde ó pórfiro augítico esquistoso, que hemos visto tan estendido en la vertiente asiática del Ural.

Quinta division.—«Mezcla de labrador (52) y de augita (53); traquito dolerítico. El Etna, el Stromboli, y segun los escelentes trabajos de Sainte-Claire Deville sobre los traquitos de las Antillas, la mina de azufre de la Guadalupe, entran en esta categoría, así como los tres circos que, en la isla Borbon, rodean el pico de Salazu.»

Sesta division.—«Masa principal gris, que contiene cristales de leucita y de augita, con muy poca olivina. El Vesubio y la Somma, los volcanes apagados de Vultur y de Rocca-Monfina, las montañas de Albano y de Borghetto pueden servir de ejemplo. En la masa mas antigua que forma los muros y el suelo de Pompeya, los cristales de leucita son mas gruesos y mas abundantes que la augita. Por el contrario, en las lavas actuales dominan las augitas, y en general es muy rara la leucita. La corriente del 22 de Abril de 1845 suministró, sin embargo, una gran cantidad de la última (54). En las Tobas del Monte-Somma están empasta dos fragmentos de traquito pertenecientes á la primera division, y que contienen feldespato vítreo, que son los traquitos propiamente dichos de Buch. Hállanse tambien algunos en la capa de pomez que cubre á Pompeya. Los traquitos-leucitófiros de la sesta division distínguense con mucho cuidado de los traquitos de la primera, aunque la leucita se presente tambien en la parte occidental de

Digitized by Google

los campos Flegráneos y en la isla de Prócida, como se ha visto anteriormente.»

El ingenioso autor de esta clasificacion de los volcanes, fundada en la asociacion de los minerales simples, no pretende haber agotado las combinaciones que puede ofrecer la superficie de la Tierra, esplorada hasta hoy de una manera tan incompleta, bajo el punto de vista de la Geología y de la Química. De esperar es que lleguen á modificarse las denominaciones de los minerales asociados, y que se aumente tambien el número de las formaciones traquíticas. Dos caminos parecen conducir á este resultado: los progresos de la Mineralogia, en tanto se aplique á distinguir específicamente los minerales, segun su forma y composicion química, y el aumento de las colecciones tan imperfectas ordinariamente y recogidas sin objeto las mas de las veces. Aquí, como en todos los casos en que las consideraciones cosmológicas no pueden elevarse á leyes generales sino á condicion de comparar un vasto conjunto de fenómenos, es necesario partir del principio de que, lo que creemos saber, segun el estado actual de las ciencias, no es mas que una parte muy insignificante de lo que nos tiene reservado el siglo venidero. No faltan medios de acelerar la adquisicion de esos conocimientos; lo que esencialmente necesitamos para esplorar la parte traquítica levantada deprimida ó grietada de la superficie terrestre que no cubre el Océano, es la aplicacion de métodos propios para agotar tal asunto.

Volcanes muy próximos entre sí y que presentan la misma forma y las mismas andamiadas, parecidos en fin bajo todas las relaciones geotectónicas, roban frecuentemente á la composicion y á la asociacion de los minerales agregados un carácter individual muy diferente. A lo largo de la falla trasversal que une los dos mares, de Este á Oeste, y corta la cadena de montañas, ó mejor dicho, el levantamiento montañoso, que sigue sin interrupcion la

Digitized by Google

direccion de Sud-Este á Nor-Oeste, se suceden en el órden siguiente: el Colima (11,262 pies de altura), el Jorullo (4,002 pies), el Toluca (14,232 pies), el Popocatepetl (16,632 pies) y el Orizaba (16,776 pies de altura). Los volcanes que se siguen inmediatamente no presentan la misma composicion característica; los mismos traquitos se reproducen alternativamente. El Colima y el Popocatepetl están formados de augita mezclada con oligoclase, y muestran por consiguiente el traquito del Chimborazo y de Tenerife. El Toluca y el Orizaba están compuestos de una mezcla de oligoclase y de anfibol, que es la roca de Egina y de Kozelnik. El último de los volcanes conocidos, el Jorullo, que es apenas una gran colina de erupcion, consiste casi únicamente en lavas que se asemejan al basalto y al pestein, la mayor parte de las cuales están escorificadas. El traquito que lo constituye, se asemeja mas al traquito de Toluca que al del Colima. Estas consideraciones sobre los caractéres individuales que presentan, bajo el punto de vista de la composicion mineralógica, volcanes próximos entre sí, implica la desaprobacion de la desgraciada invencion con que se ha intentado designar una especie de traquito bajo un nombre tomado á una cadena de montañas, en parte volcánica, que no tiene menos de 1,800 millas geográficas de longitud. El nombre de calcáreo jurásico, que he sido el primero en introducir (55), no presenta inconvenientes, porque está sacado de una roca simple y sin mezcla, y de una cadena de montañas cuya edad se halla indicada por la superposicion de los restos orgánicos. No pueden hacerse tampoco objeciones á los nombres de montañas aplicados á formaciones traquíticas. Nada impide por ejemplo llamar traquitos de Tenerife ó del Etna á combinaciones determinadas de oligoclase ó de labrador. Mientras se creyó deber reconocer albita en las muy diferentes especies de feldespato que caracterizan los traquitos de los Andes, cada roca de aquellas

Digitized by Google

en que se suponia existir albita, recibia el nombre de andesita. Hallo por vez primera, en una importante Memoria publicada por Buch á principios de 1835, sobre los cráteres de levantamiento y los volcanes, el nombre de andesita, con la siguiente precisa definicion: la andesita está formada por el predominio de la albita, con algo de anfibol (56). La manía de ver por doquiera albita duró cinco ó seis años, hasta el momento en que, á consecuencia de esperiencias mas profundas y renovadas sin prevencion, vióse que las albitas traquíticas eran oligoclase (57). Rose llegó á dudar que se presente la albita en esas rocas como parte esencial, de donde resultaria que la andesita, aun despues de la idea que de ella se tenia en otro tiempo, faltaria en la cadena de los Andes.

La composicion mineralógica de los traquitos se conocerá imperfectamente siempre que los cristales empastados á la manera de los pórfiros no se separen de la masa principal, para estudiarlos y medirlos aisladamente, y mientras estemos reducidos á las relaciones numéricas de las tierras, álcalis y óxidos de metales, tales como los revela el análisis, y al peso específico de la masa por analizar, que en apariencia es amorfa. Para obtener un resultado seguro y convincente, es necesario examinar independientemente la masa principal, y los elementos esenciales, bajo el doble punto de vista de la Orictognosia y de la Química. Esto es lo que se ha hecho con los traquitos del pico de Tenerife y los del Etna. La hipótesis de que la masa principal está compuesta de las mismas partes imperceptibles por su pequeñez que reconocemos en los grandes cristales, parece de gran fundamento, porque, como antes hemos visto en el ingenioso trabajo de Deville, la masa principal que parece amorfa presenta ordinariamente mas ácido silice del que deberia suponerse, dada la naturaleza del feldespato y de las demás partes visibles. En los leucitófiros,

Digitized by Google

existe, como observa Rose, un contraste sorprendente en cuanto á la naturaleza del álcali dominante, entre las leucitas diseminadas con potasa por base, y la pasta misma que apenas contiene mas que sosa (58).

Pero al lado de estas asociaciones de augita y de oligoclase, de augita y de labrador, de anfibol y de oligoclase, introducidas en la clasificacion de los traquitos que hemos adoptado, y que forman sus principales caracteres, hay todavía en cada volcan, otras partes fáciles de reconocer, que no son esenciales, y cuya presencia ó ausencia constante en montañas volcánicas, muy aproximadas por lo general, es un fenómeno sorprendente. La aparicion rara ó frecuente, en el mismo laboratorio, de un elemento particular, depende probablemente de diferentes condiciones: de la profundidad á que nace la sustancia, de la temperatura, de los grados de fluidez y del enfriamiento mas lento ó mas rápido. La asociacion específica ó la falta de elementos determinados está en contradiccion con ciertas teorías, por ejemplo, con el orígen supuesto de la pomez proviniente del feldespato vitreo ó de la obsidiana. Estas consideraciones que no datan de hoy y que se iniciaron á fines del siglo XVIII, cuando se comparaban los traquitos de Hungría con los del pico de Tenerife, fueron objeto de mi atencion durante muchos años en Méjico y en las Cordilleras de los Andes, como lo acreditan mis Diarios. Merced á los nuevos é incontestables progresos de la Litología, las especies minerales que habia determinado de un modo incompleto durante mi viaje, han podido serlo de una manera mas profunda y mas cierta, á consecuencia de las investigaciones orictognósticas á que se dedicó Rose durante muchos años, sobre mis colecciones.

Digitized by Google

MICA.

La mica magnesica negra ó verde subido abunda mucho en los traquitos del Cotopaxi, á 2,263 toesas de altura, entre Suniguaicu y Quelendaña, como tambien en las canteras de Guapulo y de Zumbalica, situadas al pié del Cotopaxi, y sin embargo, á cuatro millas de la montaña (59). Los traquitos del volcan de Toluca son ricos tambien en mica magnésica, que falta en el Chimborazo (60). Hanse presentado las micas en gran cantidad en nuestro continente: en el Vesubio, en las erupciones de 1821 á 1823, segun testimonio de Monticelli y de Covelli; en el Eifel, en las antiguas bocas volcánicas del Laacher-See (61); en el basalto de Meronitz, de la montaña margosa de Kausawer, y sobre todo del Gamaya, uno de los vértices del Mittelgebirge de la Bohemia (62). Son mas raras en el fonolito y en la dolerita del Kaiserstuhl, cerca de Friburgo (63). Es de notar que no solo la mica potásica blanca, que generalmente tiene dos ejes, no se forma jamás en los traquitos y las lavas de los dos continentes, sino que la única mica que contienen esas rocas es la magnesica, de color pronunciado, y generalmente de un solo eje. Esta produccion esclusiva se estiende á otras muchas rocas eruptivas y plutónicas: al basalto, al fonolito, á la sienita y tambien al granitito; el granito propiamente dicho, contiene al mismo tiempo la mica potásica blanca y la mica magnesica negra ó blanca (64).

FELDESPATO VITREO.

Esta especie de feldespato, que juega un papel tan importante en la actividad de los volcanes europeos, entre los

Digitized by Google

traquitos de la 1.ª y de la 2.ª division, por ejemplo, en Isquia, en los campos Flegraneos y el Siebengebirge de Bonn, parece faltar absolutamente en el nuevo continente, á los traquitos de los volcanes activos. Esta particularidad es tanto mas notable, cuanto que el feldespato vitreo ó sanidina pertenece esencialmente á los pórfiros mejicanos de Moran, de Pachuca, de Villalpando y de Acaguisotla, los cuales son ricos en plata y carecen de cuarzo: los primeros de entre estos traquitos se refieren á las obsidianas del Jacal (65).

ANFIBOL Y AUGITA.

Al caracterizar las seis divisiones de los traquitos, hemos indicado antes que las mismas especies minerales que son partes esenciales en ciertas rocas, por ejemplo, el anfibol en la roca de Toluca, de la 3.ª division, no aparecen en otras, en la roca del Pichincha ó del Etna, por ejemplo, que pertenecen á la 4.ª y á la 5.ª division, sino aisladamente y de una manera esporádica. He encontrado, aunque en pequeña cantidad, anfibol, en los traquitos del Cotopaxi, del Rucu-Pichincha, del Tunguragua y del Antisana al lado de la augita y del oliglocase, pero apenas si le hallé unido á esas dos rocas en el Chimborazo, hasta la altura de 18,000 pies. Entre los numerosos fragmentos que he traido del Chimborazo, solo en dos he reconocido el anfibol, y tambien en muy pequeña cantidad. Cuando las erupciones del Vesubio de 1822 y 1850, formáronse simultáneamente, por efecto de los vapores que salian de las grietas, augita y cristales de anfibol, de 9 líneas de largos próximamente (66). En el Etna, el anfibol pertenece especialmente á las lavas antiguas, segun ha hecho observar Sartorius de Waltershausen. Como el notable mineral muy estendido por el Asia occidental y muchos puntos de Europa, que llama

Digitized by Google

Rose uralita, se aproxima mucho, por su estructura y cristalizacion al anfibol y á la augita (67), indicaré aquí que la presencia de los cristales de uralita ha sido comprobada por primera vez en el nuevo continente por Rose, en un fragmento de traquito que yo arranqué á 3,000 pies bajo la cumbre del Tunguragua.

LEUCITA.

Las leucitas, que, en Europa, corresponden esclusivamente al Vesubio, á la Rocca Monfina, á las colinas de Albano cerca de Roma, al Kaiserstuhl en Brisgau y al Eifel, donde se presentan, al Oeste del Laacher-See, bajo la forma de pedruscos y no de rocas *in situ*, como en el Burgberg cerca de Rieden, no han sido halladas hasta aquí en ninguna de las montañas volcánicas del nuevo continente, ni en Asia. Buch reconoció en 1798, que dicha roca se muestra generalmente alrededor de los cristales de augita, y la ha descrito en una escelente Memoria (68). Los cristales de augita alrededor de los cuales se forma la leucita, segun observa este gran geólogo, rara vez faltan; sin embargo en ocasiones, parece que están reemplazados por un pequeño núcleo ó un fragmento de traquito. La desigual fusibilidad del núcleo y de la leucita que le rodea es verdadera objecion contra la esplicacion que se ha dado de la manera como se forma la envuelta. Segun Scacchi, las leucitas disgregadas ó mezcladas á las lavas abundaban mucho en las recientes erupciones del Vesubio de 1822, 1828, 1832, 1845 y 1847.

OLIVINA.

Preséntase la olivina en gran cantidad en las antiguas lavas del Vesubio, particularmente en el leucitofiro de la

Digitized by Google

Somma (69). El Arso de Isquia, en la erupcion de 1301, arrojó considerable masa de olivina mezclada con feldespato vitreo, mica oscura, augita verde y hierro magnético. Dicha roca abunda tambien mucho en los volcanes de corrientes de lava del Eifel, como por ejemplo, en el Mosenberg, al Oeste de Manderscheid (70), y en la parte Sud-Este de la isla de Tenerife, despues de la erupcion de lava de 1704. Pero yo la he buscado activa aunque inútilmente, en los traquitos de los volcanes de Méjico, de la Nueva-Granada y de Quito. Las colecciones de Berlin poseen, como muestras de 4 volcanes sólamente (el Tunguragua, el Antisana, el Chimborazo y el Pichincha), 68 fragmentos de traquito, de los cuales 48 fueron traidos por mí y 20 por Boussingault (71). En los basaltos del Nuevo-Mundo, se encuentra la olivina unida á la augita, casi con tanta frecuencia como en Europa; pero los traquitos negros basálticos del Yana-Urcu, que se levanta cerca de Calpi, al pie del Chimborazo (72), así como los misteriosos escombros llamados *la reventazon del volcan de Ansango* (73), no contienen olivina. Solo en la gran corriente de lava de color negruzco, cuya superficie arrugada, escorificada é hinchada presenta el aspecto de coliflores, y que seguimos para llegar al cráter del volcan del Jorullo, es donde hemos encontrado algunos granos pequeños de olivina (74). Su rareza tan general en las lavas recientes y la mayor parte de los traquitos sorprende menos, cuando se recuerda que, por esencial que pueda ser esta sustancia para la formacion de las masas basálticas, Nidda y Sartorius de Waltershausen afirman que no siempre es fácil distinguir el basalto sin olivina del basalto rico en olivina, en Islandia y en el Rhœngebirge bávaro. En otro tiempo se acostumbraba á designar al primero con el nombre de trapp y de wacka; despues se le ha llamado anemasita (75). Las olivinas llegan á tener algunas veces en los basaltos de Ren-

Digitized by Google

tieres, en Auvernia, el grueso de la cabeza de un hombre; hállaselas tambien en las canteras de Unkel, objeto de los primeros estudios de mi juventud, que tienen por lo menos 6 pulgadas de diámetro. La hermosa roca de Elfdalen en Suecia, cuyos fragmentos, mezcla granular de hipersteno y de labrador, se pulen con frecuencia y describió Bercelius como sienita, contienen igualmente algo de olivina (76). Encuéntrase tambien, aunque en menor cantidad, en el fonolito del Pico de Griou (77). Segun Stromayer, la olivina va constantemente acompañada de nickel; Rumler ha encontrado tambien en ella arsénico, metal que, segun los últimos descubrimientos, existe en tan gran número de fuentes minerales y aun en el agua del mar (78). En otra parte he señalado la presencia de la olivina en las piedras meteóricas (79) y en las escorias artificiales analizadas por Sefstrœm (80).

OBSIDIANA.

Cuando en la primavera y el verano de 1799, disponia en España mi viaje á las islas Canarias, la opinion dominante entre los mineralogistas de Madrid, Hergen, don José Clavijo y otros, era la de que la piedra pomez está compuesta únicamente de obsidiana. Fundábase esta hipótesis en el estudio de las magníficas colecciones geognósticas procedentes del pico de Tenerife, y en la comparacion que se habia hecho de dichas colecciones con los fenómenos observados en Hungría, por mas que estos fenómenos se interpretaran por lo general en aquella época segun las miras newtonianas de la escuela de Freiberg. Las dudas que produjeron mis observaciones en las islas Canarias, en las Cordilleras de Quito y en los volcanes mejicanos, sobre la insuficiencia de dicha teoría (81), me inspiraron la idea de someter al mas sério exámen dos grupos de fenómenos: de

Digitized by Google

una parte, la diferencia general de las sustancias contenidas en las obsidianas y en las piedras pomez; de otra, la asociacion mas ó menos frecuente ó completa separacion de esas dos rocas, en las andamiadas de volcanes activos y cuidadosamente analizados. Mi Diario está lleno de datos sobre este asunto; y en cuanto á la determinacion específica que tengo hecha de las especies minerales que entran en la composicion de la obsidiana y de la piedra pomez, confirmada está por las últimas y repetidas investigaciones de mi laborioso y benévolo amigo Rose.

En la obsidiana, como en la piedra pomez, preséntase el feldéspato vítreo y el oligoclase; y aun muchas veces van ambos unidos. Pueden citarse como ejemplos, por una parte, las obsidianas de Méjico, recogidas por mí en el *Cerro de las Navajas*, en la vertiente oriental del Jacal; las de Chico, que contienen gran número de cristales de mica; las de Zimapan, al Sud-sudeste de Méjico, donde se ven mezcladas con distintos pequeños cristales de cuarzo; por otra parte las piedras pomez del Rio-Mayo, en el camino que conduce de Popayan á Pasto, y las del volcan apagado de Sorata, cerca de Popayan, pueden igualmente servir de muestra. Las canteras subterráneas de piedra pomez, próximas al Llatacunga, contienen mucha mica, oligoclase y anfibol, cosa que es muy rara en la pomez y en la obsidiana (82). Háse visto sin embargo anfibol en la pomez del volcan de Arequipa. El feldespato comun ú ortoclase no se presenta jamás en la pomez juntamente con la sanidina; tampoco va acompañado de augita. Existe en la Somma, aunque no en el cono mismo del Vesubio, pomez que contiene masas terrosas de carbonato de cal. Pompeya está sepultada bajo esta notable variedad de pomez (83). Las obsidianas son raras en las verdaderas corrientes de lava; apenas si se hallan mas que en el pico de Tenerife, en los volcanes de Lípari y de Vulcano.

Digitized by Google

Si pasamos ahora á examinar la asociacion de la obsidiana y de la piedra pomez en un mismo volcan, los hechos que se han observado son los siguientes: el Pichincha, tiene grandes campos de piedra pomez y carece de obsidiana; el Chimborazo no presenta ni obsidiana ni piedra pomez; tampoco el Etna, cuyos traquitos están sin embargo compuestos de diverso modo, y contienen labrador en vez de oligoclase. He observado tambien la carencia de piedra pomez y de obsidiana en la ascension al Tunguragua. El volcan de Puraz, cerca de Popayan, tiene mucha obsidiana, mezclada con sus traquitos, y jamás ha producido pomez. Las inmensas llanuras en que se levantan el Ilinissa, el Carguairazo y el Altar están cubiertas de piedra pomez. Las canteras de Llactacunga, las de Huichapa al Sudoeste de Querétaro, como tambien los montones de pomez que costean el Rio Majo (84), los de Tschegem en el Cáucaso (85) y de Tollo en Chile (86), situados todos á distancia de armazones volcánicas en actividad, pertenecen á mi modo de ver á los fenómenos eruptivos que la superficie plana de la Tierra produce á través de las aberturas que la surcan. Otro volcan chileno, Antuco (87), del cual ha dado Pœppig una preciosa y sabia descripcion, arroja tambien, como el Vesubio, cenizas y rapilis muy finos, pero no piedras pomez, ni rocas vítreas semejantes á la obsidiana. Vemos formarse la piedra pomez en traquitos compuestos muy diversamente sin obsidiana ni feldéspato vítreo. El ingenioso Darwin ha notado que no existe señal alguna de piedra pomez en todo el archipiélago de los Galápagos. Además hemos ya hecho observar que el poderoso volcan de Mauna-Loa, en las islas Sandwich, y los volcanes del Eifel, que arrojaron en otro tiempo corrientes de lava, carecian de conos de cenizas (88). Aunque la isla de Java contiene una hilera de mas de 40 volcanes, 23 de los cuales permanecen aun activos, Junghuhn no pudo descubrir mas

Digitized by Google

que dos puntos, situados sobre el Gunung-Guntur cerca de Bandong y de la gran montaña de Tengger, en donde se hayan formado masas de obsidiana (89). No es probable que esta obsidiana llegara á ser orígen de una combinacion de piedra pomez. Los mares de arena (Dasar) que están á una altura media de 6,500 pies sobre el Océano, no se hallan cubiertos de pomez, sino de una capa de rapilis que se han descrito como fragmentos de basalto semi-vitrificado y semejantes á la obsidiana. El cono del Vesubio, que jamás ha producido pomez, arrojó, del 24 al 28 de Octubre de 1822, una capa, de 18 pulgadas de espesor, de cenizas arenosas y de rapilis traquíticos pulverizados, que nunca se confundieron con la pomez.

Las cavernas y las cavidades vesiculares de la obsidiana, en las cuales se han formado cristales de olivina, debidos probablemente á la precipitacion de los vapores, como sucede en Méjico, por ejemplo, en el *Cerro del Jacal*, contienen frecuentemente, en ambos hemisferios, otras sustancias, que parecen indicar su orígen y sus modos de formacion. En los puntos de mayor anchura de esas cavernas prolongadas y por lo general muy regularmente paralelas, existen fragmentos de traquito terroso semi-descompuestos. El vacío se prolonga al reducirse, como una especie de cola, cual si el calor volcánico hubiera desarrollado, en la masa todavía pastosa, un fluido elástico gaseoso. Este fenómeno habia llamado poderosamente la atencion de Buch en 1805, cuando este sábio geólogo visitó en Nápoles con Gay-Lussac y conmigo, la coleccion mineralógica de Thomson (90). El crecimiento de la obsidiana por el fuego que habia sido ya observado en la antigüedad griega (91), tiene ciertamente por causa un desarrollo de gas análogo. Segun Abich, las obsidianas se trasforman tanto mas fácilmente por la fusion en piedras pomez celulares, de hebras no paralelas, cuanto mas pobres son en ácido silíceo y mas ricas en álcalis. Si el

Digitized by Google

crecimiento debe atribuirse únicamente á la volatilizacion de la potasa ó del ácido clorídrico, cosa es que no se sabe ciertamente segun los trabajos de Rammelsberg (92). Fenómenos de crecimiento que presenten las mismas apariencias que los traquitos ricos en obsidiana y en sanidina, los basaltos porosos y los amigdaloides, el pestein, la turmalina y la piedra de chispa, que pierde su color oscuro, pueden reconocer causas muy diferentes, segun las sustancias. Esperiencias exactas y limitadas á los fluidos gaseosos, esperiencias esperadas por tanto tiempo y tan en vano, llegarán á dar por resultado un engrandecimiento inapreciable en la geología química de los volcanes, á condicion de tomar en consideracion el efecto del agua de mar en las formaciones submarinas y la cantidad de hidrógeno carburado contenido en las sustancias orgánicas con aquella mezcladas.

Los hechos que he reunido al final de este tomo, á saber: la enumeracion de los volcanes en que existe piedra pomez sin obsidiana, ó mucha obsidiana sin piedra pomez, y la asociacion muy notable pero inconstante y muy variada, de la obsidiana y la pomez con algunos otros minerales, me han convencido durante mi estancia en las Cordilleras de Quito, de que la formacion de la pomez resulta de un fenómeno químico que puede producirse en traquitos diversamente compuestos, y que no supone necesariamente la intervencion ó la preexistencia de la obsidiana en grandes masas. Las condiciones en que puede verificarse un fenómeno semejante, en vasta escala, dependen menos, lo repito, de la diferencia de las sustancias que de la gradacion del calor, de la presion determinada por la profundidad, de la fluidez y de la duracion de la solidificacion.

Los raros y memorables fenómenos que presentan las inmensas canteras de piedra pomez, aisladas, bajo la superficie de la Tierra, de toda andamiada volcánica, es decir de montañas de figura de cono ó de campana, me inducen á

Digitized by Google

congeturar que una parte considerable de las rocas volcánicas, quizá tambien la mas voluminosa, no se ha abierto camino á través de esas andamiadas, sino á través de la red de fallas de que está surcada la superficie terrestre, de donde se han estendido en capas por espacios de muchas millas cuadradas (93). A estas rocas pertenecen tambien probablemente las masas antiguas de trapp, de la formacion silúrica inferior, que cubren la parte Sudoeste de Inglaterra, y de las cuales mi noble amigo Murchisson, ha dado una determinacion cronológica muy exacta; trabajo que ha contribuido notablemente al conocimiento de la estructura geológica del globo y dado á este estudio un carácter mas elevado.

Digitized by Google

Digitized by Google

NOTAS.

Digitized by Google

Hemos suprimido la cifra de las centenas en la indicacion numérica de las notas; en vez de 115, por ejemplo, hemos puesto sencillamente 15. Esta supresion no puede ocasionar confusion, toda vez que al número de llamada está unido el de la página correspondiente.

Digitized by Google

NOTAS.

(1) Pág. 2.—Véase *El Cosmos*, t. III, p. 4-9.

(2) Pág. 2.—*Id.*, t. I, p. 66-465.

(3) Pág. 3.—*Id.*, t. III, p. 579,

(4) Pág. 5.—*Id.*, t. I, p. 46-52; t. III, p. 1, 11, 20-24,480 y 503.

(5) Pág. 5.—*Id.*, t. III, p. 437.

(6) Pág. 5—*Id.*, t. I, p. 117 y 377.

(7) Pág. 6.—*Id.*, t. III, p. 388 y 389.

(8) Pág. 6.—Aristóteles, *Physicæ Auscultationes*, l. III, c. 1, p. 200, ed. de Bekker.

(9) Pág. 6.—Aristóteles, *de Generatione et Corruptione*, l. I, c. 1, p. 314, Bekker.

(10) Pág. 7.—Laplace, *Esposicion del Sistema del Mundo*, p. 384; *Cosmos*, t. III, p. 20 y 221.

(11) Pág. 11.—*Cosmos*, t. III, p. 230; véase tambien t. II, p. 433 y 467-469.

(12) Pág. 11.—Aristóteles, *de Anima*, l. II, c. 1, p. 412, A 14, Bekker.

(13) Pág. 11.—Aristóteles, *de Partibus Animalium*, l. IV, c. 5, p. 681, A 12, é *Historia Animalium*, l. VIII, c. 1, p. 588, A 4, Bekker.

(14) Pág. 15.—«La ley de la atraccion recíproca al cuadrado de la distancia es la de las emanaciones que parten de un centro; ley que parece regular todas las fuerzas cuya accion se percibe á distancias sensibles, como se ha reconocido en las fuerzas eléctricas y magnéticas. Una de las propiedades notables de esta ley es que, si las dimensiones de todos los cuerpos del Universo, sus distancias mútuas y sus velocidades llegaran á crecer ó á disminuir proporcionalmente, describirian

Digitized by Google

curvas enteramente semejantes á las que describen: de suerte que el Universo, reducido asi sucesivamente hasta el mas pequeño espacio imaginable, ofreceria siempre las mismas apariencias á los observadores. Estas apariencias son por tanto independientes de las dimensiones del Universo, como, en virtud de la ley de la proporcionalidad de la fuerza á la velocidad, son independientes del movimiento absoluto que puede haber en el espacio.» Laplace, *Esposicion del Sistema del Mundo*, 5.ª ed., p. 385.

(15) Pág. 17 —Gauss, *Bestimmung des Breitenunterschiedes zwischen den Sternwarten von Gœttingen und Altona*. 1828, p. 73. Por un singular efecto de la casualidad, es necesario menos de la anchura de una mano para que los dos Observatorios estén exactamente colocados en el mismo meridiano.

(16) Pág. 17.—Bessel, *ueber den Einfluss der Unregelmæssigkeiten der Figur der Erde auf geodætische Arbeiten und ihre Vergleichung mit astronomischen Bestimmungen*, en las *Astronomische Nachrichten* de Schumacher, t. XIV, n.º 329, p. 270. Véase tambien Bessel y Bæyer, *Gradmessung in Ostpreussen*, 1838, p. 427-442.

(17) Pág. 18.—Bessel, *ueber den Einfluss der Verænderungen des Erdkœrpers auf die Polhœhen*, en la Coleccion de Lindenau y de Bohnenberger, titulada *Zeitschrift für Astronomie*, t. V, 1818, p. 29. El peso de la Tierra espresado en libras $= 9{,}993 \times 10^{21}$; el de la masa $= 947 \times 10^{14}$.

(18) Pág. 18.—Despues de las indagaciones teóricas de este tiempo vinieron las de Maclaurin, Clairaut y Alembert, Legendre y Laplace. A los trabajos de esta última época debe añadirse el teorema formulado por Jacobi en 1834, de que los elipsoides de tres ejes desiguales pueden ser, bajo ciertas condiciones, figuras de equilibrio, lo mismo que los dos elipsoides de revolucion propuestos anteriormente. Léase la Memoria del autor, arrebatado tan prematuramente á sus admiradores y amigos, en la Coleccion de Poggendorff, *Annalen der Physik und Chemie*, t. XXXIII, 1834, p. 229-233.

(19) Pág. 19 —La primera comparacion exacta de muchas medidas de grado data del siglo XIX, y fue ejecutada en Abo por Walbek, que comprendió en este trabajo la medida de grado tomada sobre la meseta de Quito, dos recogidas en las Indias Orientales, una en Francia, otra en Inglaterra y otra mas reciente en Laponia. Dicho sabio halló como valor medio del aplanamiento $^1/_{302{\cdot}781}$, y para el grado de un meridiano 57,009t,758. Desgraciadamente su Memoria *De forma et magnitudine Telluris* no ha aparecido completa. Animado por la respetable invitacion

Digitized by Google

de Gauss, Schmidt ha empezado de nuevo y mejorado el trabajo de Walbek, atendiendo á las potencias mas elevadas del aplanamiento, tanto como á las alturas polares observadas en los puntos intermedios, y haciendo entrar en su comparacion la medida de grado ejecutada en Hannover, y la que Biot y Arago han prolongado hasta la isla de Formentera. Los resultados de estas investigaciones, perfeccionados poco á poco, han aparecido bajo tres formas diferentes: en el libro de Gauss, *Bestimmung der Breitenunterschiede von Gœttingen und Altona*, 1828, (p. 82); en el de Schmidt, *Lehrbuch der mathematischen und physischen Geographie*-1829 (1.ª parte, p. 183 y 194-199); y, en fin, en la Introduccion de esta obra (p. v). El último resultado da para el grado de un meridiano 57,008t,655, para el aplanamiento $^1/_{297,479}$. El primer trabajo de Bessel fue inmediatamente precedido del importante escrito de Airy: *Figure of the Earth*, publicado en 1830 en la *Encyclopœdia metropolitana* (p. 220 y 239 de la ed. de 1849), y que da para la mitad del eje polar 20.853,810 pies ingleses = 3.261,163,7 toesas; para la mitad del eje ecuatorial 20.923,713 pies ingleses = 3.272,095, 2 toesas; para un cuarto de círculo de un meridiano 32.811,980 pies ingleses = 5.131,208 toesas; para el aplanamiento polar $^1/_{298,33}$. El gran astrónomo de Kœnigsberg se ocupó desde 1836 hasta 1842, sin interrupcion, de cálculos sobre la figura de la Tierra, y como su primer trabajo ha sido mejorado por el que le siguió, los resultados que datan de épocas diferentes, han llegado á ser en muchas obras causa de confusion. Los inconvenientes de esta mezcla, sensible sobre todo para números que dependen naturalmente unos de otros, se han aumentado aun con inexactitudes en las conversiones de las diferentes medidas: toesas, metros, pies ingleses, millas de 60 ó 69 al grado ecuotorial, y ofrecen el mas desventajoso de los trabajos que, por otra parte, ha costado grandes esfuerzos y tiempo. Durante el estío de 1837, Bessel publicó dos Memorias: en la una, esponia la influencia de las irregularidades de la forma terrestre en los trabajos geodésicos y en la comparacion de estos trabajos con las determinaciones astronómicas; en la otra, discutia los ejes del elipsoide de revolucion que corresponden mejor á las medidas del arco de meridiano ejecutadas hasta el dia. Véanse las *Astronomische Nachrichten* de Schumacher, t. XIV, n.º 329, p. 269, y n.º 333, p. 345. Los resultados de sus cálculos eran: para la mitad del eje mayor, 3.271,953t,854; para la mitad del eje menor, 3.261,072t,900; para la longitud del grado medio de un meridiano, es decir, para el $^1/_{90}$ de un cuarto de círculo de la Tierra, medido en el plano perpendicular al ecuador, 57,011t,453. Un error de 68 toesas, que Puissant ha señalado en los cálculos ejecutados en 1808 por una Comision del Instituto, para determinar la distancia entre los paralelos de Montjuich, cerca de Barcelona, y el de Mola, en la isla de Formentera, fue para Bessel la ocasion de someter á una nue-

Digitized by Google

va revision su primer trabajo sobre las dimensiones de los cuerpos terrestres. Véanse las *Astron. Nachrichten* de Schumacher, t. XIX, n.° 438, p. 97-116. La longitud del cuarto de círculo terrestre se fijo entonces en 5.131,179t,81, en vez de 5.130,740t, que se habian adoptado con arreglo á la primera determinacion del metro, y la longitud del grado medio de un meridiano en 57,013t,109; esto es 0t,611 mas que para el grado de un meridiano situado bajo el paralelo 45. Los números indicados en el testo son los que resultan de las últimas investigaciones de Bessel. Las 5.131,180 toesas espresan, bajo reserva de un error medio de 255t,63, la longitud del cuarto de círculo de un meridiano y equivalen á 10.000,856 metros. La circumferencia total de la Tierra, es, pues, de 40.003,423 metros ó 5,390,98 millas geográficas. Entre esta evaluacion y la primera, adoptada por la Comision de pesos y medidas, segun la cual el metro era considerado como $^1/_{40\cdot000\cdot000}$ de la circumferencia terrestre, existe, para la circumferencia total, una diferencia de 3,423m, ó 1,756t,27, lo que equivale á cerca de una media milla geográfica (exactamente $^{46}/_{100}$). Segun la primera determinacion, que es actualmente todavía la medida legal, la longitud del metro habia sido fijada en 0t,5.130,740. Segun los últimos cálculos de Bessel, la verdadera longitud del metro es de 0t,5.131,180. Se puede consultar sobre esta medida de una unidad natural, á Faye, *Lecciones de Cosmografía*, 1852, p. 93.

(20) Pág. 21.—Airy, *Figure of the Earth*, en la *Encyclopædia Metropol.*, 1847, p. 214-216.

(21) Pág. 21.—Biot, *Astronomia física*, t. II, p. 482, y t. III, p. 344. Una medida de grado paralelo, tanto mas importante cuanto que ha llevado á la comparacion de los niveles del mar Mediterráneo y del Océano Atlántico, ha sido ejecutada con mucha exactitud en los círculos paralelos de la cordillera Pirenáica, por Corabœuf, Delcros y Peytier.

(22) Pág. 22.—*Cosmos*, t. I, p. 152. «Es muy notable que un astrónomo, sin salir de su observatorio, comparando solo sus observaciones con el análisis, hubiese podido determinar exactamente la magnitud y el aplanamiento de la Tierra y su distancia al Sol y á la Luna, elementos cuyo conocimiento ha sido el fruto de largos y penosos viajes por ambos hemisferios. Asi la Luna, por la observacion de sus movimientos, hace sensible á la astronomía perfeccionada la elipticidad de la Tierra, cuya redondez reconocieron los primeros astrónomos por los eclipses.» (Laplace, *Esposicion del Sistema del Mundo*, p. 230).—He mencionado ya en el tomo III de esta obra (p. 424 y 560) un cálculo óptico de Arago casi análogo, y fundado en la observacion de que la intensidad del color ceniciento, es decir de la luz terrestre en la Luna, puede revelar-

Digitized by Google

nos el estado medio de trasparencia de nuestra atmósfera. (Véase Arago, *Memorias científicas*, t. I, p. 571 (tomo X de las Obras). Se deberá consultar tambien á Airy sobre la determinacion del aplanamiento terrestre por los movimientos de la Luna *(Encyclop. Metropolit.*, p. 189 y 236), y sobre las consecuencias que han de deducirse respecto de la forma de la Tierra, de la precesion y nutacion *(Id.*, p. 231-235). Segun las investigaciones de Biot, la determinacion del aplanamiento terrestre por los movimientos de la Luna no podria dar mas que los números límites $^1/_{304}$ y $^1/_{378}$, entre los cuales se ve que existe una diferencia considerable. (*Astronomia física*, 3.ª ed., t. II, 1844, p. 463).

(23) Pág. 22.—Laplace, *Mecánica celeste*, ed., de 1846, t. V. p. 16 y 53.

(24) Pág. 22.—*Cosmos*, t. II, p. 219 y 423, nota 9. El primero que ha señalado, en las obras astronómicas de los Arabes, la indicacion de la utilidad que puede obtenerse de la igual duracion de las oscilaciones del péndulo es Bernard. Se puede leer en las *Philosoph. Transactions* (t. XII, p. 567), la carta que escribia de Oxford (abril 1683) al doctor Hantington de Dublin.

(25) Pág. 22.—Freret, *del Estudio de la Filosofia antigua*, en las *Memorias de la Academia de Inscripciones*, t. XVIII, 1753, p. 100.

(26) Pág. 23 —Picard, *Medida de la Tierra*, 1671, art. 4. Es apenas verosimil que la hipótesis espresada en la Academia de Ciencias de Paris, desde antes del año 1671, sobre las diferencias de la gravedad segun las diversas latitudes, pertenezca al gran Huygens. Es cierto que Huygens presentó en 1669 á la Academia su *Discurso sobre la causa de la Gravedad*; pero no es en el discurso mismo, sino en los *additamenta*, uno de los cuales fue evidentemente terminado despues de la aparicion de los *Principios* de Newton, pues que este libro está allí citado, y por consecuencia despues de 1687, donde habla de la contraccion del péndulo que marca los segundos. El mismo dice: «Maxima pars hujus libelli scripta est cum Lutetiæ degerem, ad eum usque locum ubi de alteratione quæ pendulis accidit e motu Terræ.» Ahora bien, Huygens no abandonó á Paris hasta 1681. Véase Lalande, *Astronomia*, t. III, p. 20, § 2668, y la aclaracion que yo mismo he dado en el tomo II del *Cosmos* (p. 480, nota 2). Las observaciones de Richer en Cayenne no fueron publicadas, como se ha visto en el testo, hasta 1679, y por consecuencia seis años despues de su vuelta. Lo mas sorprendente, es que en los registros de la Academia de Inscripciones no hay mencion alguna, durante este largo espacio de tiempo, de las importantes observaciones que Richer habia hecho á la vez sobre el reloj de péndulo y sobre el péndulo de segundos. No sabemos en que momento tuvo noticia Newton, cuyas primeras es-

Digitized by Google

peculaciones teóricas sobre la figura de la Tierra se remontan mucho mas allá del 1665, de los resultados de Richer. Parece que no conoció sino hasta muy tarde, en 1682, y por la casualidad de una conversacion que oyó en cierta sesion de la *Royal Society*, la medida del grado de Picard, publicada sin embargo desde el año 1671, medida que, segun demostró Brewster (*Life of Newton*, p. 152), tuvo decisiva influencia en la determinacion del diámetro terrestre y de la relacion entre la caida de los cuerpos á la superficie de la Tierra y la fuerza que imprime á la Luna su movimiento de revolucion. Se puede suponer que el conocimiento de la forma elíptica de Júpiter, que Cassini habia comprobado desde antes de 1666, pero que describrió por primera vez en 1691 en las *Memorias de la Academia de Ciencias* (t. II, p. 108) no ejerció menor influencia en las ideas de Newton. Tal vez Newton supo algo de ello por hojas impresas mucho tiempo antes, y que Lalande declara haber visto en manos de Maraldi. (Véase Lalande, *Astronomía*, t. III, p. 335, § 3345; Brewster, *Life of Newton*, p. 162, y Humboldt, *Cosmos*, t. I, p. 389, nota 29). Los trabajos simultáneos de Newton, de Huygens, de Picard y de Cassini hacen sumamente difícil el poder distinguir la parte que á cada uno de ellos corresponde en el cambio científico de las ideas que tuvo lugar en esta época, sobre todo si se considera que era costumbre retardar la publicacion de los descubrimientos y que circunstancias fortuitas solian aplazarlos á veces mas aun.

(27) Pág. 24 —Delambre, *Base del sistema métrico*, t. III, p. 548.

(28) Pág. 24.—*Cosmos*, t. I, p. 391, nota 33; Plana, *Operaciones geodésicas y astronómicas para la medida de un arco del paralelo medio*, t. II, p. 847; Carlini, en las *Effemeridi astronomiche di Milano* per l'anno 1842, p. 57.

(29) Pág. 24.—Biot, *Astronomía física*, t. II, 1844, p. 464; *Cosmos*, t. I, p. 391, nota 33, y t. III, p. 384, donde he indicado las dificultades que presenta la relacion entre la velocidad de rotacion de los planetas y el aplanamiento determinado por la observacion. Schubert (*Astronomía*, 3.ª parte, p. 316) ha señalado ya estas dificultades. Bessel, en su Memoria *über Maass und Gewicht*, dice terminantemente que recientes esperiencias sobre el levantamiento insensible de estensas partes de la superficie de la Tierra han disminuido, en cierto modo, la confianza en la constancia de la gravedad sobre un punto dado.

(30) Pág. 24.—Airy, en su escelente trabajo *on the Figure of the Earth* (véase *Encyclop. metropol.*, 1849, p. 229), enumeraba, en 1830, 50 estaciones diferentes, en las cuales se habian obtenido resultados ciertos, y otras 14, en donde estudiaron Bouguer, Le Gentil, Lacaille, Maupertuis,

Digitized by Google

La Croyere, que, bajo el respecto de la exactitud, no podrian compararse con las precedentes.

(31) Pág. 25.—Biot y Arago, *Coleccion de Observaciones geodésicas y astronómicas*, 1821, p. 526-540, y Biot, *Tratado de Astronomia fisica*, t. II, 1844, p. 465-473.

(32) Pág. 25.—Biot, *Astronomia fisica*, t. II, p. 488. Sabine *(Exper. for determining the variation in the length of the pendulum vibrating seconds*, 1825, p. 352) deduce de las 13 estaciones establecidas por él, en la espedicion que emprendió con objeto de observar los movimientos del péndulo, aunque estas estaciones estuviesen muy dispersas en el hemisferio setentrional, $^1/_{288,3}$; y, comparando estas estaciones con todas las del *British Survey* y de la Comision francesa encargada de ejecutar una medida de grado de Formentera á Dunkerque, obtuvo $^1/_{288,9}$. Aun es mas admirable que hácia el Oeste, á gran distancia de la region Atlántica, bajo los meridianos de Petropawlowsk y de Nowo Archangelsk, las longitudes del péndulo revelen un aplanamiento mucho mas considerable, á saber $^1/_{267}$. Bessel, con la claridad que sabe dar á todos sus análisis, ha hecho ver, en el libro titulado *Untersuchungen über die Længe des einfachen Secundenpendels* (p. 32, 63 y 126-129), cómo la opinion, generalmente adoptada hasta entonces, de la influencia que ejerce el aire que rodea al péndulo induce á error de cálculo, que depende de la diferencia de peso que pierden los cuerpos sólidos sumergidos en un fluido, segun que estén en reposo ó en movimiento, y cómo este error hace necesaria una correccion indicada desde el año 1786, aunque de una manera algo oscura, por Buat. «Si un cuerpo, dice Bessel, se mueve en un fluido, este entra tambien por ello en el sistema puesto en movimiento, y la fuerza que comunica el impulso debe dividirse no solo entre todas las partes del cuerpo sólido, sino tambien entre todas las de la masa fluida.» Sobre las esperiencias hechas por Sabine y por Baily, con ocasion de la correccion, importante bajo el punto de vista práctica, cuya necesidad ha demostrado Bessel, es decir, de la reduccion al espacio vacío, véase Herschell, *Memoir of Francis Baily*, 1845, p. 17-21.

(33) Pág. 26.—*Cosmos*, t. I, p. 151 y 390, nota 32. Se pueden consultar tambien sobre los fenómenos particulares á las islas volcánicas, Sabine, *Pend. exper.*, 1825, p. 237, y Lutke, *Observaciones del péndulo invariable ejecutadas desde* 1826 *á* 1829, p. 241. Esta obra contiene (p. 239) un cuadro notable que indica la naturaleza de las rocas en 16 estaciones de péndulo, desde la isla de Melville, á los 79° 50′ de latitud boreal, hasta Valparaiso, á 32° 2′ de latitud austral.

(34) Pág. 26.—*Cosmos*, t. I, p. 392, nota 35. Schmidt *(Mathematische*

Digitized by Google

und physische Geographie, 1.ª parte, p. 394), ha separado en el gran número de observaciones de pendulo que se han hecho en las corbetas *Descubierta* y *Atrevida*, al mando de Malaspina, las 13 estaciones que pertenecen al hemisferio meridional, y hallado el aplanamiento de $^1/_{280\cdot34}$. Mathieu dedujo de las observaciones de Lacaille en el cabo de Buena-Esperanza y en la isla de Francia, comparadas con las de Paris, $^1/_{284\cdot4}$. Pero los aparatos de medida no ofrecian en esta época las mismas garantías que presentan los de Borda y de Kater y los nuevos métodos de observacion. Lugar es este de mencionar la preciosa esperiencia de Foucault, que da, con el auxilio del péndulo, la prueba material de la rotacion de la Tierra, haciendo ver cómo el plano de las oscilaciones se mueve lentamente de E. á O. *Memorias de la Academia de Ciencias*, sesion del 3 de febrero de 1851, t. XXXII, p. 135. En las esperiencias de Benzenberg y de Reich, para hacer sensible la desviacion hácia el E. de los cuerpos arrojados al fondo de un pozo ó de lo alto de un campanario, es preciso una elevacion ó una profundidad considerable, mientras que con el aparato de Foucault, un péndulo de 6 piés de longitud basta para comprobar la rotacion de la Tierra. Los fenómenos que se esplican por la rotacion, como la marcha del reloj de Richer en Cayenne, la aberracion diurna, la desviacion de los proyectiles y los vientos alisios, no podrian confundirse con la demostracion sugerida por el aparato de Foucault, del que los miembros de la *Academia del Cimento* parecen haber tenido alguna noticia. Véase Antinori, en las *Memorias*, t. XXXII, p. 635.

(35) Pág. 27.—En la antigüedad griega, la opinion dominante señalaba dos comarcas, la estremidad setentrional del Asia y la region del ecuador, como formadas por una notable entumecencia del suelo. Las altas llanuras del Asia, dice Hipócrates *(de Aere et Aquis*, § 19, p. 72, ed. de Littré), sin estar coronadas de montañas se prolongan y se elevan hasta los polos; Plutarco *(de Placitis Philosophorum*, l. II, c. 8), atribuye la misma creencia á Empedocles. Aristóteles dice *(Meteorologica*, l. II, c. 1, § 15, p. 66, ed. de Ideler) que los meteorólogos anteriores, que hacian pasar al Sol no por debajo, sino alrededor de la Tierra, consideraban el hinchamiento del suelo hácia el N. como la causa de la desaparicion del Sol y de la venida de la noche. En la compilacion de los Problemas (l. XXVI, § 15, p. 941, ed. de Bekker), el frio del viento N. se atribuye tambien á la altura del suelo en las regiones de donde sopla. En todos estos pasajes, no se trata de montañas, sino de altas llanuras producidas por hinchamientos del suelo. Ya he hecho ver en otra parte *(Asia central*, t. I, p. 58) que Strabon, único que ha empleado el nombre tan característico de *ὀροπέδια*, para designar la Armenia, la Licaonia, habitada por asnos salvajes, y la parte superior de la India, en

Digitized by Google

el pais rico en minas de oro de los Derdas (l. XI, p. 522, XII, p. 568, y XV, p. 706, ed. de Casaubon), distingue en toda ocasion la diferencia de climas debida á la diversidad de latitudes, de la que es resultado de la elevacion sobre el mar. Aun en las comarcas del Sur, dice el geógrafo de Amasia, las partes elevadas, llanuras ó montañas, son frias (l. II, c. 1, p. 73). Para esplicar el calor templado que reina bajo el ecuador, Eratóstenes y Polibio no solo señalan el paso mas rápido del Sol (véase Geminus, *Elementa Astronomiæ*, c. 13; Cleomedes, *Cycl. theor.*, l. I, c. 6), sino especialmente el hinchamiento del suelo (véase Humboldt, *Exámen crítico de la Geografía del Nuevo Continente*, t. III, p. 150-152. Segun el testimonio de Strabon (l. II, c. 3, p. 97), Eratóstenes y Polibio afirman que la region situada bajo el ecuador es la mas elevada de todas, lo que esplica que la abundancia de la lluvia allí, atendido á que los vientos estesinnos que cambian con las estaciones, llevan del N. á dichas alturas una enorme cantidad de nubes. De estas dos opiniones sobre los hinchamientos del suelo en el N. de Asia (la Europa escítica de Herodoto) y la zona ecuatorial, la primera, con aquella fuerza que pertenece propiamente al error, se ha sostenido cerca de dos mil años, y ha suministrado materia al mito geológico de la meseta de Tartaria, que se prolongaba sin interrupcion al N. del Himalaya; la otra no tenia necesidad mas que de ser rectificada y aplicada á una comarca del Asia situada fuera de los trópicos, á la inmensa meseta celebrada bajo el nombre de Meru en los mas antiguos y nobles monumentos de la poesía india. Véase el Diccionario sanscrito-ingles de Wilson (1832, p 674), donde la palabra *meru* se traduce por llanura elevada. He creido deber entrar en estos detalles, á fin de tener ocasion de refutar la hipótesis de Fréret que, sin citar los pasajes de los escritores griegos, y haciendo alusion á un testo único sobre la lluvia de las regiones tropicales, aplica estas entumecencias locales de la superficie terrestre, ya al aplanamiento, ya al alargamiento de los polos. «Para esplicar las lluvias, dice Fréret (*Memorias de la Academia de Inscripciones*, t. XVIII, 1753, p. 111), en las regiones equinocciales que las conquistas de Alejandro dieron á conocer, se imaginaron corrientes que empujaban á las nubes de los polos hácia el ecuador, donde, á falta de montañas capaces de detenerlas, las nubes lo eran por la altura general de la Tierra, cuya superficie, bajo el ecuador, se hallaba mas alejada del centro que bajo los polos. Algunos físicos atribuyeron al globo la figura de un esferoide ensanchado bajo el ecuador y aplanado hácia los polos. Por el contrario, segun la opinion de aquellos antiguos que creian á la Tierra alargada por los polos, el pais situado cerca de estos se hallaba mas alejado del centro que bajo el ecuador.» No he podido encontrar ningun testimonio en la antigüedad que justifique estos asertos. Léese en Strabon (l. I, c. 3, p. 48): «Eratóstenes, despues de haber dicho que la Tierra es

Digitized by Google

esférica, pero no como si estuviera hecha á torno (espresion tomada de Herodoto, l. IV, c. 36), y que su forma presenta irregularidades, nos cita un gran número de estas producidas por el agua, el fuego, los terremotos, los movimientos de los vientos subterráneos (indudablemente las exhalaciones de los vapores elásticos), y otras causas análogas; pero en esto tampoco tiene en cuenta lo bastante el órden general, porque la figura esférica de la Tierra resulta de la disposicion del conjunto, y tales irregularidades no pueden cambiar nada en definitiva de dicha forma: las cosas pequeñas se pierden en las grandes.» Mas adelante (l. II, p. 112) dice: «El conjunto de la Tierra y el agua es esférico, y la Tierra no tiene con los mares mas que una sola superficie. La elevacion de la tierra firme, que es insignificante y debe pasar desapercibida, se pierde en estas vastas dimensiones. En tales casos, no ha de pretenderse determinar la forma de la Tierra como si estuviera hecha á torno ó como la entenderia un geómetra; creo que es necesario contentarse con una aproximacion algo grosera, y tal como los sentidos pueden suministrarla.» En otra parte se lee tambien (l. XVII, p. 809): «El mundo es obra á la vez de la Naturaleza y de la Providencia; obra de la Naturaleza, porque todo converge hácia un punto y se redondea alrededor del centro; el elemento menos denso, que es el agua, envolviendo al elemento mas denso, que es la Tierra.» Cuando los Griegos hablan de la figura de la Tierra, vienen siempre á compararla con un disco plano ó hueco en medio, con un cilindro, como habia propuesto Anaximandro, con un cubo, con una pirámide, y mas generalmente con una esfera, á pesar de la grande oposicion de los Epicureos, que negaban la atraccion ejercida por el centro de la Tierra. (Véase Cleomedes, *Cycl. Theor.*, l. I, c. 8, p. 51.) La idea del aplanamiento no se ha presentado á la imaginacion. La forma alargada, con que Demócrito se figuraba la Tierra, no era otra cosa que el disco de Tales, prolongado en una sola direccion. La forma de tambor (τὸ σχῆμὰ τυμπανοειδὴς), cuya idea se atribuye sobre todo á Leucipo (véase Plutarco, *de Placitis philosoph.*, l. III, c. 10; Galiano, *Historia philosophiæ*, c. 21; Aristóteles, *de Cœlo*, l. II, c. 13, p. 293, ed. de Bekker), tenia ya un punto de partida en otra figura, compuesta de una semi-esfera y de una base plana, la cual representaba quizá el ecuador, y la curva la parte de la tierra habitada, οἰκουμένη. Un pasaje de Plinio sobre las perlas (l. IX, c. 54), esplica esta configuracion. Aristóteles al contrario (*Meteorol.*, l. II, c. 5, § 10, t. I, p. 97, ed. de Ideler), se limita á comparar el segmento de esfera con un tambor, segun lo que resulta del Comentario de Olimpiodoro (t. I, p. 301, ed. de Ideler). He omitido de intento en esta revista un pasaje de Agatemeres (*de Geographia*, l. I, c. 1, p. 2, ed. de Hudson), y otro de Eusebio (*Evangelica præparatio*, t. IV, p. 125, ed. de Gaisford, 1843), porque no pueden servir mas que para demostrar con que ine-

Digitized by Google

xactitud atribuyen frecuentemente los escritores posteriores a los antiguos opiniones que les eran completamente estrañas. Resultaria de estos testimonios que Eudoxio habria dado al disco de la Tierra una longitud y una anchura en la relacion de 1 á 2, lo mismo que Dicearco, discípulo de Aristóteles, que ha suministrado sin embargo nuevas pruebas en apoyo de la forma esférica de la Tierra (véase Marciano Capella, l. VI, p. 192). Hiparco habria dado á la Tierra, segun ellos, la forma de un trapecio, y Talesla de una esfera!

(36) Pág 28..—Bessel me escribia en diciembre de 1828: «Me ha parecido observar frecuentemente que consideramos cosa dudosa el aplanamiento terrestre precisamente porque tratamos de demostrar demasiada exactitud. Segun que se suponga el aplanamiento igual á $^1/_{310}$, $^1/_{300}$, $^1/_{290}$, $^1/_{280}$, se obtiene, como diferencia de los dos diámetros, 10,554, 10,905, 11,282, y 11,684 toesas. Asi, pues, una diferencia de 30 unidades en el denominador no produce en el diámetro polar sino otra diferencia que, si se la compara con las desigualdades visibles de la superficie terrestre, parece de tan poca importancia que me admiro de la gran conformidad de las esperiencias. Observaciones aisladas, esparcidas por vastos paises, nos enseñan ciertamente menos de lo que sabemos ya en este punto; pero seria interesante relacionar las medidas tomadas en la superficie entera de Europa, y hacer entrar en esta operacion todos los puntos determinados astronómicamente.» Desgraciadamente, segun esta proposicion, no se sabria de la configuracion de la Tierra mas de lo que se podria conocer por la península que forma la prolongacion occidental del gran continente asiático, en un espacio que cuenta apenas 66 grados y medio de longitud. Los estepas del Asia setentrional, y aun la estepa media de los Kirgisos, de la que he visitado una parte considerable, están frecuentemente cortadas por colinas, y, bajo el respecto de la estension horizontal, estos llanos no tienen comparacion con las Pampas de Buenos-Aires y los Llanos de Venezuela. Los Llanos, situados á gran distancia de las cordilleras, y cubiertos, en la superficie del terreno, de formaciones sedimentarias y de capas terciarias de densidad igualmente débil en todas partes, podrian suministrar, por las anomalías producidas en las oscilaciones del péndulo, resultados puros de toda influencia y enteramente decisivos, sobre la constitucion local de las capas situadas á gran profundidad de la Tierra. Véanse sobre este asunto mis *Cuadros de la Naturaleza*, t. I, p. 2, 9, y 42-45 de la traduccion francesa publicada por Gide.

(37) Pág. 29.—Bouguer, que invitó á La Condamine á observar la direccion de la plomada sobre el Chimborazo, no menciona en su *Teoría de la figura de la Tierra* (p. 364-394), las investigaciones de Newton. Desgraciadamente, el mejor preparado de los dos viajeros no llevó sus

Digitized by Google

observaciones á las dos vertientes opuestas de la gigantesca montaña, al E. y al O. Las dos estaciones en que estableció sus esperimentos, en el mes de diciembre de 1738, estaban situadas al mismo lado; la una, en la direccion S. á 61° 30′ O., á 4,572 toesas del centro de la montaña; la otra, en la direccion S. á 16° O., á una distancia de 1,753 toesas. La primera estacion se fijó en una region que conozco bastante, probablemente bajo la altura en que se halla el pequeño lago alpino de Yana-Cocha; la segunda, en el llano de piedra pomez del Arenal (véase La Condamine, *Viaje al Ecuador*, p. 68-70). La desviacion, calculada con el auxilio de las alturas de estrellas, no fue, contra toda esperanza, mas que de 7″,5, cosa que los observadores mismos atribuyeron á la proximidad de las nieves perpétuas que hacia los esperimentos mas difíciles, por falta de precision de los instrumentos, y sobre todo á las vastas cavernas cuya existencia sospechaban en la inmensa cúpula traquítico del Chimborazo. He espresado, con motivo de estas cavernas y de la pequeña masa dada por consecuencia á esta montaña, muchas dudas fundadas en principios geológicos. Al S. S. E. del Chimborazo, cerca del lugar indio de Calpi, se encuentra el cono de erupcion del Yana-Urcu, que he examinado cuidadosamente con Bonpland, y que es ciertamente de orígen mas reciente que el coloso de traquito en forma de campana. Boussingault y yo no hallamos nada sobre la gran montaña que se asemejara á un cráter. Véase en mis *Misceláneas de Física general y de Geología* (t. I, p. 150, de la traduccion francesa), *la Ascension al Chimborazo.*

(38) Pág. 29.—Baily, *Exper. with the torsion Rod for determining the mean density of the Earth*, 1843, p. 6; J. Herschel, *Memoir of Francis Baily*, 1845, p. 24.

(39) Pág. 29.—*Cosmos*, t. I, p. 153-155 y 392, nota 36.

(40) Pág. 29.—Reich, *Neue Versuche mit der Drehwage*, en los *Abhandlungen der mathem. physischen Classe der Kœnigl. Sœchsischen Gesellschaft der Wisenschaften zu Leipzig*, 1852. t. I, p. 405 y 418. Las últimas investigaciones de mi escelente amigo el profesor Reich se aproximan algo mas al precioso trabajo de Baily. Yo he deducido el término medio 5,5712 de muchas séries de observaciones hechas: 1.° con una esfera de estaño y un hilo de cobre largo y grueso, que dieron por resultado 5,5712; siendo el error probable de 0,0113; 2.° con la esfera de estaño y un hilo de cobre mas corto y mas delgado, que he sustituido con un hilo doble de hierro; el resultado fue de 5,5832; error probable 0,0149. Teniendo en cuenta estas dos séries de esperiencias se halla por término medio 5,5756. El resultado de Baily, obtenido en verdad despues de esperiencias mas numerosas, quizás sea demasiado alto sin

Digitized by Google

embargo, porque la densidad ha podido aparecer aumentada en razon de la ligereza de las esferas de vidrio ó de marfil que se han empleado. Véase Reich, en los *Annalen* de Poggendorff, t. LXXXV, p. 190, y Whitehead Hearn, en las *Philosoph. Transactions* for 1847, p. 217-219. A ejemplo de Reich, Baily observó el movimiento de la balanza de torsion sobre la imágen de una escala reflejada por un espejo fijado en medio del fiel, como en las observaciones magnéticas de Gauss. Las ventajas de este espejo, que permite ver con mas exactitud los resultados, se han señalado en los *Annalen* de Poggendorff, desde el año 1826 (t. VII, página 121).

(41) Pág. 30.—Las esperiencias que Airy acaba de hacer sobre el péndulo, en 1854, en las minas de Harton, con una precision maravillosa, suministran, sobre la densidad de la Tierra, un resultado mucho mas importante aun que las de Baily y de Reich. Segun Airy, la densidad es de 6,566, con un error probable de 0,182. Véanse las *Philosoph. Transactions* for 1856, p. 342. Una ligera modificacion de este valor numérico hecha por el profesor Stocke, en razon del efecto de la rotacion y de la elipticidad terrestre, reduce la densidad, para Harton, situado á 54° 48' de latitud N., á 6,565; para el ecuador, á 6,489.

(42) Pág. 30.—*Cosmos*, t. I, p. 153.

(43) Pág. 30.—Laplace, *Mecánica celeste*, ed. de 1846, t. V, p. 57. El peso específico medio del granito debe evaluarse á lo mas en 2,7, atendiendo á que la densidad de la mica blanca con base de potasa y de dos ejes, y de la mica verde magnésica de un solo eje varia de 2,85 á 3,1, y que la de las otras partes constituyentes del granito, del cuarzo y del feldespato, es de 2,56 y 2,65. El peso específico del oligoclase mismo no escede de 2,68. Si el peso específico del anfibol se eleva hasta 3,17, el de la sienita, en que el feldespato predomina siempre, queda mucho mas bajo que 2,8. Como por otra parte el esquisto arcilloso oscila entre 2,69 y 2,78, y entre las rocas calcáreas, solo la dolomia pura llega á 2,88, el peso de la creta es de 2,72, el del yeso y de la sal gema 2,3, resulta que la densidad de la parte continental de la corteza terrestre, accesible á nuestras observaciones está mas cerca de 2,6 que de 2,4. Suponiendo Laplace que la densidad aumenta de la superficie al centro en progresion aritmética, y partiendo de la creencia, ciertamente errónea, de que la densidad de la capa superior es igual á 3, halló como densidad media del globo terrestre 4,7647, número que se separa del resultado de Reich, 5,577, y del de Baily, 5,660, mucho mas de lo que corresponde á los errores probables de la observacion. Despues de haber discutido de nuevo la hipótesis de Laplace, en una interesante Memoria que debe publicar muy pronto el editor de las *Astronomische Nachrichten*,

Digitized by Google

Plana deduce que rehaciendo esta hipótesis, se llega á conocer que la densidad media asignada por Reich á la Tierra puede considerarse como muy aproximada á la verdadera, como el número 1,6, en que yo he evaluado la densidad de la superficie sólida y de la superficie líquida de la Tierra, y que la elipticidad se halla comprendida entre límites determinados probablemente por estas últimas cantidades. «Si la compresibilidad de las sustancias de que la Tierra se compone, dice el geómetra de Turin, ha sido la causa que ha dado á esas capas formas regulares, casi elípticas, con una densidad creciente desde la superficie hasta el centro, puede creerse que estas capas, al consolidarse, han sufrido modificaciones en verdad muy pequeñas, aunque bastante grandes para impedirnos poder derivar con toda la exactitud deseada, el estado de la Tierra sólida de su estado anterior de fluidez. Esta reflexion me ha hecho apreciar mas la primera hipótesis propuesta por el autor de la *Mecánica celeste*, decidiéndome á someterla á nueva discusion.»

(44) Pag. 31.—Petit, *sobre la latitud del Observatario de Toulouse, la densidad media de la cordillera de los Pirineos, y la probabilidad de que exista un vacío bajo esta cordillera*, en las *Memorias de la Academia de Ciencias*, t. XXIX, 1849, p. 730.

(45) Pág. 32.—*Cosmos*, t. I, p. 159 y 394, nota 40.

(46) Pág. 33.—Hopkins, en el *Report of the British Association* for 1838, p. 92 (Physical Geology); *Philosoph. Transactions*, 1839, 2.ª parte, p. 381, y 1840, 1.ª parte, p. 193; Hennessey, en las *Philosoph. Transactions*, 1851, 2.ª parte, p. 504 y 525 (Terrestrial Physics).

(47) Pág. 33.—*Cosmos*, t. I, p. 218 y 415, nota 25.

(48) Pág. 33.—Las observaciones de Walferdin datan del otoño de 1847, y se apartan poco de los resultados obtenidos por Arago, en 1840, con el aparato mismo de Walferdin, cuando la sonda llegó á 505 metros de profundidad, y comenzó á penetrar en el golt, despues de haber atravesado la greda. Véase *Cosmos*, t. I, p. 157 y 393 (nota 38); *Memorias de la Academia de Ciencias*, t. XI, 1840, p. 707, y en las Obras de Arago, *Noticias científicas*, t. III, p. 385.

(49) Pág. 34.—Estos números están sacados de las notas manuscritas del Director general de Minas, Oeynhausen. Véase *Cosmos*, t. I, p. 386, nota 24, y 393, nota 38, y Bischof, *Lehrbuch der chemischen und physischen Geologie*, t. I, 1.ª parte, p. 154-163. Por órden de profundidad absoluta, el pozo artesiano de Mondorf, en el gran ducado de Luxemburgo, viene inmediatamente despues del de Neu-Salzwerk; tiene 2,066 pies.

Digitized by Google

(50) Pág. 34.—Véase *Cosmos*, t. I, p. 393, y *Memorias de la Sociedad de historia natural de Ginebra*, t. VI, 1833, p. 243. La comparacion de gran número de pozos artesianos situados á los alrededores de Lille con los de Saint Ouen y Ginebra permitiria atribuir mayor influencia á la conductibilidad de las rocas y de las capas terrestres, si se pudiera tener igual confianza en la exactitud de todos los resultados. Véase Poisson, *Teoria matemática del Calor*, p. 421.

(51) Pág. 35.—De 14 pozos artesianos, de mas de 100 metros de profundidad, y repartidos por los puntos mas distantes de Francia, Bravais, en la instructiva enciclopedia que lleva por título *Patria* (1847, p. 145), cita 9 para los cuales la profundidad correspondiente al aumento de temperatura de un grado oscila entre 27 y 39 metros, y por consiguiente, se aparta del término medio dado en el testo (32 metros) en 5 ó 6 metros mas ó menos. Véase tambien Magnus, en los *Annalen* de Poggendorff, t. XXII, 1831, p. 146. En general, el aumento de la temperatura parece mas rápido en los pozos artesianos de pequeña profundidad. Sin embargo, los pozos profundísimos de Monte-Massi, en Toscana, y de Neuffen, en la parte N. O. de los Alpes, constituyen notables escepciones.

(52) Pág. 36.—Quetelet, en el *Boletin de la Academia de Bruselas*, 1836, p. 75.

(53) Pág. 36.—Forbes, *Exper. on the temperature of the Earth at different depths*, en las *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, t. XVI, 1849, 2.ª parte, p. 189.

(54) Pag. 37.—Todos los números concernientes á la temperatura de las cuevas del Observatorio están tomados de la *Teoria matemática del Calor* de Poisson (p. 415 y 462). Por otra parte, el *Anuario meteorológico de Francia*, publicado por Martins y Hæghens (1849, p. 88), contiene las correcciones hechas por Gay-Lussac al termómetro subterráneo de Lavoisier, que se separan de dicho resultado. El termómetro de Lavoisier ha dado como término medio de 3 meses, de junio á agosto, 12°,193, mientras que Gay-Lussac hallaba 11°,843: diferencia 0°,350. Véase en las Obras de Arago, *Noticias científicas*, t. V, p. 644.

(55) Pág. 37.—Cassini, en las *Memorias de la Academia de Ciencias*, 1786, p. 511.

(56) Pág. 38 —Boussingault, *sobre la profundidad á que en la zona tórrida se halla la capa de temperatura invariable*, en los *Anales de Química y de Física*, t. LIII, 1833, p. 225-247. Caldecott, astrónomo del Rajah de Travancore, y el capitan Newbold han presentado objeciones contra el

Digitized by Google

método recomendado en esta Memoria y consagrado por sinnúmero de observaciones exactas en la América del Sur. Caldecott halló en Trevandrum que á 3 pies en el suelo y bajo él, mas bajo por consiguiente de lo que prescribe Boussingault, el termómetro de Fahrenheit marcaba 85 y 86 grados, siendo la temperatura media del aire 82°,02. Véase *Edinb. Transactions*, t. XVI, 3.ª parte, p. 379-393. Los esperimentos de Newbold, en Bellary, en las Indias, á 15°,5 de latitud, dieron tambien, á 1 pie de profundidad, desde la salida del Sol hasta las 2 de la tarde, un aumento de 4° del termómetro de Fahrenheit; pero en Cassargoda, á 12°,29′, con un cielo cargado de nubes, el aumento solo era de 1° $^1/_2$. ¿Estaban cubiertos los termómetros como debian, y al abrigo de la insolacion? Véase tambien sobre este asunto Forbes, *Exper. on the temperature of the Earth at different depths*, en las *Edinb. Transactions*, t. XVI, 2.ª parte, p. 189. El coronel Acosta, sábio historiador de la Nueva-Granada, há un año practicó en Guaduas, sobre la pendiente S. O. del llano de Bogotá, en donde la temperatura media anual es de 23°,8, una larga série de observaciones con un termómetro introducido á 1 pie bajo tierra y en un espacio cubierto. Estos esperimentos confirman plenamente los asertos de Boussingault. «Las observaciones del coronel Acosta, cuya prevision en todo lo que concierne á la Meteorología es conocida, prueban (me escribió Boussingault), que, en condiciones de abrigo, la temperatura permanece constante entre los trópicos á muy pequeña profundidad.»

(57) Pág. 39.—Sobre Gualcayoc, llamado tambien Minas de Chota, y sobre Micuipampa, véase Humboldt, *Coleccion de observaciones astronómicas*, t. I, p. 324.

(58) Pág. 39.—Humboldt, *Ensayo político sobre el reino de Nueva-España*, 2.ª edicion, t. III, p. 201.

(59) Pág. 40.—Véase Beer, en el *Reise in Sibirien* de Middendorff, t. I, p. 7.

(60) Pág. 41.—Schergin, director de la Compañía ruso-americana, mandó comenzar en 1828 el aforamiento de un pozo en el patio de cierta casa perteneciente á la Compañía. En 1830, se llegó á la profundidad de 9 pies. Viendo que no se habia hallado aun mas que hielo y no agua, Schergin abandonó la empresa. El almirante Wrangel, que de vuelta á Sitcha, se detuvo en Iakutsk, comprendió el gran interés científico del aforamiento de esta capa de hielo subterráneo, é invitó á Schergin á que prosiguiera los trabajos hasta el fin. En 1837, se llegó á 382 pies ingleses de profundidad, y aun no se habia pasado del hielo.

Digitized by Google

(61) Pág. 41.—Middendorff, *Reise in Sibirien*, t, I, p. 125-133. «Escluyamos primeramente, dice Middendorff, las profundidades que no alcanzan 100 pies, porque resulta de los esperimentos hechos hasta hoy en Siberia que estas profundidades están sometidas á las variaciones anuales de la temperatura, y aun quedarán, para las profundidades mas considerables, anomalías parciales: así, de 150 á 200 pies, un aumento de calor de 1° Reaumur corresponde á 66 pies ingleses; la proporcion es de 217 pies ingleses por cada grado Reaumur de 250 á 300 pies. Estamos, pues, autorizados para decir que los hechos revelados hasta aquí por el exámen del pozo de Schergin no bastan para determinar con certeza la progresion de la temperatura, y que sin embargo, á pesar de los importantes errores producidos quizá por las diferencias de conductibilidad en las diversas capas terrestres, por las influencias perturbadoras del aire esterior ó de la lluvia que penetra al interior, se puede afirmar que el aumento de temperatura no es de mas de 100 á 117 pies ingleses por cada grado Reaumur.» El número 117 es un término medio entre seis aumentos parciales de temperatura observadas de 50 en 50 pies, desde 100 hasta 382 de profundidad. Si comparo la temperatura anual del aire en Iakutsk (— 8°,13 R.) con la temperatura media del hielo, á la profundidad de 382 pies ingleses, hallo que á 1° Reaumur corresponden 66 $^3/_8$. Se contarian 100 pies comparando la temperatura de la parte mas baja con la que reina á 100 pies de profundidad. De las investigaciones numéricas que hicieron con gran sagacidad Middendorff y Peters, sobre la velocidad con que se propagan las variaciones de la temperatura atmosférica y sobre los máximos del frio y del calor, resulta que «en los pozos artesianos, á la profundidad de 7 á 20 pies solamente, la temperatura se eleva del mes de marzo al de octubre, y desciende de noviembre á abril, porque la primavera y el otoño son las estaciones en que la temperatura atmosférica sufre los cambios mas sensibles.» Véase Middendorff, *Reise in Sibirien*, p. 133-157 y 168-175. Los pozos aun cuidadosamente recubiertos se enfrian poco á poco, en el norte de la Siberia, por el contacto, prolongado durante muchos años, del aire con las paredes del pozo. Sin embargo, en el de Schergin, este contacto ha producido apenas en 18 años un descenso de temperatura de medio grado. Un fenómeno notable é inesplicable hasta aqui, se presentó tambien en dicho pozo de Schergin; el delcalentamiento que se notó en invierno solamente, y algunas veces en las capas mas profundas, sin que se pudiera reconocer ninguna influencia esterior (véase *Id.*, p. 156 y 178). Me parece mucho mas sorprendente todavía que en el pozo artesiano de Wedensk, en la Pæsina, á una temperatura atmosférica de 28° Reaumur, se encontrara, á la profundidad de 5 á 8 pies, que la temperatura era igual á — 2°,5. Las líneas isogeotermas, sobre cuya direccion nos han dado las primeras noti-

Digitized by Google

cias las ingeniosas investigaciones de Kupffer (véase el *Cosmos*, t. I, p. 198 y 411, nota 1) ofrecerán por mucho tiempo aun problemas insolubles. La tarea es sobre todo difícil en las comarcas donde el aforamiento completo de la capa de hielo exige un trabajo largo y penoso. El suelo de hielo que se halla en Iakutsk no puede hoy considerarse como un fenómeno local, debido, como suponia el Director general de las Usines Slobin, á capas de tierra precipitadas por la accion de las aguas. Véase Middendorff, *id.*, p. 167.

(62) Pág. 41.—Véase *Cosmos*, t. IV, p. 35.

(63) Pág.. 42—Véase Middendorff, *Reise in Sibirien*, t I, p. 160, 164 y 179. En estas conjeturas numéricas sobre el espesor del suelo de hielo, se supone que la temperatura aumenta con la profundidad siguiendo una progresion aritmética. El saber si á profundidades mas considerables el calor continua creciendo, es teóricamente inexacto, y por consiguiente necesario desconfiar de cálculos fantásticos sobre las masas de rocas heterogéneas en fusion, cuyos movimientos desordenados modificarian la temperatura central de la Tierra.

(64) Pág. 43.—Schrenk, *Reise durch die Tundern der Samojeden*, 1848, 1.ª parte, p. 597.

(65) Pág. 43.—Rose, *Reise nach dem Ural*, t. I, p. 428.

(66) Pág. 44.—Véanse los esperimentos de mi amigo Helmersen sobre la conductibilidad relativa de las diferentes rocas, en las *Memorias de la Academia de San Petersburgo* (Misceláneas físicas y químicas, 1851, p. 32).

(67) Pág. 44.—Véase Middendorf, *Reise in Sibirien*, t. I, p. 66, y otro pasaje, p. 179: «La línea que señala el principio del suelo de hielo parece formar, en el N. del Asia, dos salidas cuya convexidad se dirige hácia el S.: la una, cuya curvatura es poco sensible, en las márgenes del Obí; la otra, fuertemente acentuada, en los bordes de Lena. Este límite corre de Beresow, sobre el Obí, hácia Turuchansk, sobre el Jenisei; de allí pasa entre Witimsk y Olekminsk, costea la márgen derecha de Lena, y despues de subir hácia el N., vuelve á tomar su direccion hácia el E.»

(68) Pág. 47.—El pasaje mas importante sobre la cadena magnética formada de anillos está en el Ion de Platon (p. 533, D, E, ed. de Estienne). Mas tarde, esta propagacion de la fuerza atractiva se halla mencionada en Plinio (l. XXXIV, c. 14); en Lucrecio (l. VI, v. 910); en San

Digitized by Google

Agustin *(de Civitate Dei*, l. XX, c. 4), y en Filon *(de Opificio Mundi*, p. 32, D, ed. de 1691).

(69) Pág. 48.—*Cosmos*, t. I, p. 168 y 401-402 (notas 61 y 62); t. II, p. 251-253, 273-277, 437 (n. 59) y 448, 449 (n. 91-93)

(70) Pág. 48.—Humboldt, *Asia central*, t. I, p. 40-42. *Exámen crítico de la Historia de la Geografía del Nuevo Continente*, t. III, p. 35. Biot que, ya solo, ya con el auxilio de mi amigo Julien, ha confirmado y aumentado las investigaciones de Klaproth, sobre la época á que se remonta el uso de la aguja imantada en China, cita una tradicion que está referida por primera vez en los escritores de los primeros siglos del cristianismo; pero que data de tiempos anteriores. Segun esta tradicion, los carros magnéticos ya se conocian en el reinado del célebre Hoang-ti, que parece haber vivido 2,600 años antes de nuestra era, es decir 1,000 antes de la epoca en que los Hycsos fueron espulsados del Egipto. Véase Biot, *sobre la direccion de la aguja imantada en China*, en las *Memorias de la Academia de Ciencias*, t. XIX, 1844, p. 362.

(71) Pág. 48.—Véase *Cosmos*, t. I, p. 168 y 401, nota 61. Aristóteles mismo *(de Anima*, l. I, c. 2) no menciona el alma del iman sino como opinion de Tales. Diógenes Laercio estiende formalmente esta creencia al ámbar, cuando dice: «Aristóteles é Hippias afirman, con motivo de la teoría de Tales, etc.» El sofista Hipias de Elis, que se vanagloriaba de saberlo todo, se ocupaba en el estudio de la Naturaleza y de las mas antiguas tradiciones que tomaron su orígen en la escuela fisiológica. El soplo atractivo del viento que, segun el físico chino Kuofo, pasa á través del iman y del ámbar, recuerda el nombre azteca del iman: *tlaihioanani tell*, es decir, segun las investigaciones de Buschmann sobre las lenguas mejicanas, la piedra que atrae á sí por el soplo, de *ihieth*, soplo. respiracion, y *ana*, atraer.

(72) Pág. 49.—Háse vuelto á encontrar en el *Mung-khi-pi-than*, y mas detalladamente, lo que Klaproth ha sacado del *Penthsaoyan*, respecto de este notable aparato. Véanse las *Memorias*, t. XIX, p. 365. Hase dicho en la Memoria de Klaproth, y en un libro de botánica chino, que el ciprés indica la direccion del O., y mas generalmente que la aguja imantada indica la direccion del S. ¿Depende esto de que se supone un desarrollo de las ramas en direccion de la posicion del Sol ó la dominante del viento?

(73) Pág. 52.—Humboldt, *Exámen crítico de la Historia de la Geografía del Nuevo Continente*, t. III, p. 54.

Digitized by Google

(74) Pág. 54.—Véase *Cosmos*, t. II, p. 437-440. Bajo el reinado de Eduardo III de Inglaterra, en una época en que, como ha demostrado Harris Nicolás (*History of the royal Navigation*, 1847, t. II, p. 180), la navegacion se regulaba siempre por la brújula, entonces llamada *sailstone dial, sailing needle* ó *adamante*. Se hizo traer, en 1345, para el *King's ship the George*, diez y seis relojes (hour-glasses) comprados en Flandes, y que figuran en el registro de gastos; pero esto no prueba de ningun modo el uso de la guindola. Resulta del testimonio de Enciso, citado por Céspedes, que mucho tiempo antes de servirse de este aparato, se habia sentido la necesidad del reloj de arena, para corregir lo que podria haber allí de muy aventurado en las evaluaciones, *echando punto por fantasia* en la *coreadera de los perezosos*.

(75) Pág. 54.—Véase *Cosmos*, t. I, p. 394, nota 41, y p. 395, nota 44; t. II, p. 322-324, 475, notas 70-72, y 477, nota 88. El polo N. magnético era llamado *Calamitico*, á causa de la forma de rana que se dió á las primeras agujas de las brújulas.

(76) Pág. 55.—Véase Gilbert, *Physiologia nova de Magnete*, l. III, c. 8, p. 124. Plinio dijo ya de una manera general que la propiedad magnética puede con el tiempo comunicarse al hierro, pero sin hablar del frotamiento. Véase *Cosmos*, t. I, p. 397, nota 49. Es singular ver á Gilbert tratar desdeñosamente la opinion *vulgar*, dice: «*de montibus magneticis aut rupa aliqua magnetica, de polo phantastico a polo mundi distante*». (*Idem*, p. 42 y 98). Los cambios de la declinacion y la mutacion de las líneas magnéticas le eran completamente desconocidas: «Varietas uniuscujusque loci constans est.» (*Id.*, p. 42,98, 152 y 153).

(77) Pág. 55.—*Historia natural de las Indias*, l. I, c. 17.

(78) Pág. 55.—*Cosmos*, t. I, p. 165.

(79) Pág. 55.—Citando las observaciones de inclinacion que he recogido en el mar del Sud con todo el cuidado deseable, he hecho ver la utilidad práctica que puede ofrecer la inclinacion para determinar las latitudes, en la época en que reina en las costas del Perú la niebla llamada *garua* que oscurece el Sol y las estrellas (vease *Cosmos*, t. I, p. 161 y 395, nota 44). El jesuita Cabeo, autor de la *Philosophia magnetica* (in qua nova quædam pyxis explicatur, quæ poli elevationem ubique demonstrat), ha llamado tambien la atencion sobre este objeto, en la primera mitad del siglo XVII.

(80) Pág. 56.—Halley, en las *Philosoph. Transactions*, for 1683, t. XII, n.° 148, p. 216.

Digitized by Google

(81) Pág. 56.—El Padre Burrus de Lisboa habia trazado tambien líneas semejantes, llamadas por él *tractus chalyboeliticos*, en un mapa que ofreció al rey de España por un considerable precio, como medio de reconocer y determinar las longitudes en el mar. Este hecho está referido en el *Magnes* de Kircher (2.ª edicion, p. 443). He mencionado ya (*Cosmos*, t. IV, p. 52) el mas antiguo mapa de variaciones, que data del año 1530.

(82) Pág. 57.—Veinte años despues que Halley hubo trazado en Santa Elena su catálogo de estrellas del S., que desgraciadamente no contiene ninguna inferior á la 6.ª magnitud, Hevelius se vanagloriaba tambien en el *Firmamentum Sobescianum*, de no emplear anteojo y observar con dioptras. Cuando Halley visitó á Dantzig, asistió á estas observaciones, cuya exactitud por otra parte ha aplaudido demasiado. Véase *Cosmos*, t. III, p. 42, 229, 302 y 511), (nota 71).

(83) Pág 57.—Hellibrand, y el padre Tachard habian reconocido ya, el primero en Lóndres, en 1634, el segundo en Siam en 1682, indicios de las variaciones diurnas y horarias de la declinacion magnética.

(84) Pág. 58.—Véase *Cosmos*, t. I, p. 399-401 (nota 59). La escelente disposicion de la brújula de inclinacion construida por Lenoir, sobre las indicaciones de Borda, es la que ha hecho posible la exacta medida de la fuerza terrestre bajo las diferentes latitudes, permitiendo á la aguja oscilar libremente y describir arcos de círculo mayores, disminuyendo de una manera notable el frotamiento de los ejes, y merced al cuidado que se ha tenido de adaptar pínulas al aparato.

(85) Pág. 60.—Los números colocados á la cabeza de cada párrafo indican la época de las observaciones. Los comprendidos entre paréntesis y juntos al título de una obra señalan el año de la publicacion, que frecuentemente es muy posterior á los esperimentos.

(86) Pág 63.—Malus descubrió la polarizacion por reflexion en 1808), Arago la polarizacion cromática en 1811. Véase *Cosmos*, t. II, p. 320.

(87) Pág 64 —Véase *Cosmos*, t I, p 162 y 396 (nota 47).

(88) Pág. 65.—Before the practique was adopted of determining *absolute values*, the most generally used scale (and which still continues to be very frequently referred to) was founded on the time of vibration observed by Mr. de Humboldt, about the commencement of the present century, at a station in the Andes of South America, where the direction of the dipping-needle was horizontal, a condition which was for some time erroneously supposed to be an indication of the minimum of

Digitized by Google

magnetic force at the Earth's surface. From a comparison of the times of vibration of M. de Humboldt's needle in South America and in Paris, the ratio of the magnetic force at Paris towhat was supposed to be its minimum was inferred (1,348), and from the results so obtained, combined with a similar comparison made by myself between Paris and London in 1827, with several magnets, the ratio of the force in London to that of Mr. de Humboldt's original station in South America has been inferred to be 1,372 to 1,000. This is the origin of the number 1,372 which has been generally employed by British observers. By absolute measurements we are not only enabled to compare numerically with one another the results of experiments made in the most distant parts of the globe, with apparatus not previously compared, but we also furnish the means of comparing hereafter the intensity which exists at the present epoch, with that which may be found at future periods.» (Sabine, *Manual for the use of the British Navy,* 1849, p. 17).

(89) Pág. 66.—Celsius es el primero que ha sentido la necesidad de observaciones magnéticas concordantes y simultáneas. Sin mencionar aun la influencia de la luz polar en la declinacion, influencia descubierta, y lo que es mas, medida en marzo de 1741 por su colaborador Hiorter, propuso á Graham, en el estío del mismo año, asociarse á sus investigaciones y ver si ciertas perturbaciones estraordinarias, que la marcha horaria de la aguja sufria de tiempo en tiempo en Upsal, se producian á la vez en Lóndres. La simultáneidad de las perturbaciones, decia, probaria que la influencia que las causaba se estendia por vastos paises, y no se limitaba á efectos fortuitos y locales. Véase Celsius, en *Svenſka Vetenskaps Akademiens Handlingar* for 1740, p. 44; Hiorter, *idem,* 1747, p. 27. Cuando Arago hubo reconocido que las perturbaciones magnéticas producidas por la luz polar se estienden á comarcas en que el fenómeno luminoso de la tempestad magnética no es visible, concertó con nuestro comun amigo Kupffer, observaciones horarias, hechas simultáneamente en Paris y en Kasan, alejado de Paris 47° próximamente. He organizado tambien, en 1828, con Arago y Reich, observaciones simultáneas sobre la declinacion, en Paris, en Freiberg y en Berlin. Véanse los *Annalen* de Poggendorff, t. XIX, p. 337.

(90) Pág. 71.—La Memoria de Wolf, citada en el testo, contiene observaciones diarias sobre las manchas del Sol, hechas por él mismo del 1.° al 30 de junio de 1852, y una comparacion de los esperimentos de Lamont sobre los cambios periódicos de la declinacion, con los resultados de Schwabe sobre la frecuencia de las manchas solares, comparacion que comprende los años de 1835-1850. Esta Memoria fue presentada á la Sociedad de Ciencias naturales, en una sesion celebrada

Digitized by Google

en Berna el 31 de julio de 1852, y la Memoria mas completa del coronel Sabine se sometió, á principios del mes de marzo de 1832, á la Sociedad real de Lóndres, en la que fue leida en los primeros dias del mes de mayo del mismo año. Véase *Philosoph. Transactions* for 1852, 1.ª parte, p. 116-121. Segun las investigaciones mas recientes sobre las observaciones de las manchas solares, Wolf ha hallado que de 1600 á 1852, el período medio ha sido de 11,11 años.

(91) Pág. 72.—El bismuto, el antimonio, la plata, el fósforo, la sal gema, el marfil, la madera, las ruedas de manzana y el cuero sienten, en contacto con un iman enérgico, una repulsion diamagnética, y toman una direccion ecuatorial, es decir de E. á O. El oxígeno al contrario, bien puro, ó mezclado con otros gases ó condensado en los intersticios del carbon, es paramagnético. Para los cuerpos cristalizados, se puede ver en los *Annalen* de Poggendorff (t. LXXIII, p. 178), y *Philosoph. Transactions* for 1851 (§ ,2,836-2,842), lo que el ingenioso Plucker ha encontrado segun la posicion de ciertos ejes. El efecto de repulsion producido por el bismuto ha sido reconocido por primera vez, por Brugmans (1778), y estudiado mas á fondo por Le Baillif (1827) y por Seebeck (1828). Faraday mismo, Reich y Weber, que ha desplegado un celo tan constante por los progresos del magnetismo terrestre, han puesto á la vista la conexion de los fenómenos diamagnéticos con los de la induccion. Véase *Philosoph. Transactions* for 1851, § 2429-2431; Poggendorff's *Annalen*, t. LXXIII, p. 241 y 253. Weber se ha esforzado tambien en demostrar que el diamagnetismo tiene su orígen en las corrientes moleculares de Ampére. Véase Weber, *Abhandlungen ueber electro-dynamische Maassbestimmungen*, 1852, p. 545-570.

(92) Pág. 72.—Para crear esta propiedad polar, es necesario que, en cada molécula de gas oxígeno, la *accion á distancia* del cuerpo terrestre establezca entre los fluidos magnéticos ciertos intervalos, en una direccion y con una fuerza determinadas. Cada molécula de oxígeno representa asi un pequeño iman, y todos estos pequeños imanes reaccionan los unos sobre los otros, como sobre el cuerpo terrestre, y conjuntamente con él para obrar en fin sobre una aguja que se supone colocada dentro ó fuera de la atmósfera. El oxígeno que envuelve á la Tierra puede compararse á una armadura de hierro dulce adaptada á un iman natural ó á un trozo de hierro imantado, suponiendo á este iman natural ó artificial la forma esférica de la Tierra, y á la armazon la figura de una esfera hueca, como la de la cubierta atmosférica. El límite hasta el cual cada molécula de oxígeno puede ser magnetizada por la fuerza constante de la Tierra (magnetic power) desciende con la temperatura,

Digitized by Google

y á medida que el oxígeno se enrarece. Como un acrecentamiento de temperatura y de dilatacion sigue constantemente al movimiento que el Sol parece efectuar de E. á O. alrededor de la Tierra, resultan de aquí naturalmente modificaciones en las relaciones magnéticas de la Tierra, y del oxígeno que la envuelve, que son, segun Faraday, fuente de una parte de las variaciones porque pasan los elementos del magnetismo terrestre. Plucker opina que, en razon de la proporcion que existe entre la fuerza con que el iman obra sobre el gas oxígeno y la densidad de éste, el iman ofrece un medio eudiométrico bien sencillo para reconocer, en 1 ó 2 céntimos próximamente, la presencia del oxígeno en una mezcla de gas.

(93) Pág. 74.—Véase *Cosmos*, t. IV, p. 7 y 8.

(94) Pag. 75.—Kepler, *Stella Martis*, p. 32 y 34. Véase tambien su *Mysterium cosmographicum*, c. 20, p. 71.

(95) Pag. 75.—Véase el *Cosmos*, t. III, p. 536 (nota 78), donde, en lugar de la palabra *Bassis Astronomiæ* de Horrebow, debe leerse *Clavis Astronomiæ*. El pasaje de este libro (§ 226), en que á la luz solar se le da el nombre de aurora boreal perpétua, no se halla en la primera edicion (Havn., 1730) pero si en la segunda, agregada al primer tomo de la coleccion de las *Opera mathematico-physica* de Horrebow (Havn., 1740, p. 317). Pueden compararse con las ideas de Horrebow los conocimientos completamente análogos de J. Herschel. Véase *Cosmos*, t. III, p. 35 y 172.

(96) Pág 75.—*Memorias de Matemática y de Fisica presentadas á la Real Academia de Ciencias*, t. IX, 1780, p. 262.

(97) Pág. 76.—«So far as these four stations, Toronto, Hobarton, St-Helena and the Cape, so widely separated from each other and so diversely situated, justify a generalisation, we may arrive to the conclusion that at the hour of 7 to 8 a. m., the magnetic declination is *everywhere* subject to a variation of which the period is a year, and which is everywhere similar in character and amount, consisting of a movement of the north and of the magnet from east to west between the northern and the southern solstice, and á return from west to east betwen the southern and the northern solstice the amplitude being about 5 minutes of arc The *turning periods of the year* are not, as many might be disposed to anticipate, *those months, in which the temperature at the surface of our planet, or of the subsoil, or of the atmosphere* (as far as we possess the means of judging of the temperature of the atmosphere) *attains its maximum and minimum*. Stations so diversely situated would indeed present in these respects *thermic conditions* of great variety: whereas uniformity in the epoch of the *turning periods* is a not less conspicuous fea-

Digitized by Google

ture in the annual variation than similarity of character and numerical valne. At all the stations the *solstices* are the turning periods of the annucl variation at the hour of which we are treating, — the only periods of the year in which the diurnal or horary variation at that hour does actually disappear ara at the *equinoxes*, when the Sun is passing from the one hemisphere to the other, and when the magnetic direction, in the course of its annual variation from east to west, or vice versa, coincides with the direction which is the mean declination of all the months and of all the hours — the *annual variation* is obviously connected with and dependent on the *Earth's position* in its orbit relatively to the Sun, around which is revolves; as the *diurnal variation* is connected with and dependent on the *relation of the Earth* on its axis, by which each meridian succesively passes through every angle of inclination to the Sun in the round of 24 hours.» (Sabine, *on the annual and diurnal Variations*, en el 2.° tomo aun idédito de *Observations at Toronto*, p. XVII-XX. Véase tambien la Memoria del mismo sábio *on the annual Variation of the magnetic Declination at different periods of the Day*, en las *Philos. Transactions for* 1851, 2.ª parte, p. 635, y la introduccion á las *Observations at Hobarton*, t. I, p. XXXIV-XXXVI.

(98) Pág. 76.—Sabine, *on the means adopted for determining the absolute values, secular change and annual variation of the terrestrial magnetic Force*, en las *Philosoph. Transactions for* 1850, 1.ª parte, p. 216. Se lee ademas en el Discurso de apertura pronunciado por Sabine en la Asamblea de Bolfast (*Meeting of the British Association in* 1852): «It is a remarkable fact which has been established, that the magnetic force is greater, in both the northern and southern hemispheres, in the months of December, January and February, when the Sun is nearest to the Earth, than in those of May, June and July, when he is most distant from it: whereas, if the effects were due to temperature, the two hemispheres should be oppositely instead of similarly affected in each of the two periods referred to.»

(99) Pág. 76.—Lamont, en los *Annalen* de Poggendorff, t. LXXXIV, p. 579.

(100) Pág. 76.—Sabine, *on periodical laws discoverable in the mean effects of the larger magnetic Disturbances*, en las *Philosoph. Transactions for* 1852, 1.ª parte, p. 121. Véase tambien *Cosmos*, t IV, p. 69, n.° 9.

(1) Pág. 77.—*Cosmos*, t. III, p. 369.

(2) Pág. 77.—*Cosmos*, t. III, p. 157.

(3) Pág. 77.—Kreil, *Einfluss des Mondes auf die magnetische Declination*, 1852, p. 27, 29 y 46.

Digitized by Google

(4) Pág. 78.—*Cosmos*, t. I, p. 377 (nota 85), y en lo que concierne á los aereolitos, p. 108 y 109. Véase tambien t. III, p. 480.

(5) Pág. 79.—Véase Mary Somerville, en su breve pero luminosa esposicion del magnetismo terrestre, hecha segun los trabajos de Sabine (*Physical Geography*, t. II, p. 102). Ross, que, en su gran espedicion antártica, cortó en el mes de diciembre de 1839, la curva de la menor intensidad, á 19° de latitud austral, 31°,35′ de longitud occidental, y que ostenta la gloria de haber determinado antes que nadie la situacion de esta línea en el hemisferio Sud, le llama *Equator of less intensity (Voyage to the southern and antarctic Regions*, t. I, p. 22).

(6) Pág. 80.—«*Stations of an intermediate character*, situated between the northern and southern magnetic hemispheres, partaking, although in opposite seasons, of those contrary features which separately prevail (in the two hemispheres) throughout the year.» (Sabine, en las *Philosoph. Transactions for* 1847, 1.ª parte, p. 53 y 57.

(7) Pág. 80.—«El polo *of intensity* no es el polo *of verticity*. Véanse *Philos. Transactions for* 1846, 3.ª parte, p. 255.

(8) Pág. 80.—Gauss, *Allgemeine Theorie des Erdmagnetismus*, § 31.

(9) Pág. 80.—*Philosoph. Transactions for* 1724, t. XXXIII, 1725, página 332: «To try, if the dip and vibrations were constant and regular.»

(10) Pág. 81.—*Novi Commentarii Academ. Scient. Petropolit., pro anno* 1769, t. XIV, 2.ª parte, p. 33. Véase tambien Lemonnier, *Leyes del Magnetismo comparadas con las Observaciones*, 1776, p. 50.

(11) Pág. 81.—*Viaje de la Perouse*, t. I, p. 162.

(12) Pág. 81.—*Cosmos*, t. IV, p. 58.

(13) Pág. 82.—Debe recordarse que, en las determinaciones de lugares astronómicos, el signo + colocado delante del número indica las latitudes boreales, el signo — las latitudes australes, y que las longitudes orientales y occidentales están calculadas, no segun el meridiano de Greenwich, sino segun el de Paris, á no ser que se especifique lo contrario. Los pasajes que, en la parte de este tomo consagrada al magnetismo terrestre (p. 71-134), se hallan comprendidos entre comillas, sin que título alguno de obra se indique en las notas correspondientes, están tomados de los manuscritos que ha tenido la bondad de enseñarme mi amigo el coronel Sabine.

Digitized by Google

(14) Pág. 82.—Erman, *Magnetische Beobachtungen*, p. 172 y 540; Sabine, en las *Philosoph. Transactions for* 1850, 1.ª parte, p. 218.

(15) Pág. 83.—*Fifth Report of the British Association*, p. 72; *Seventh Report*, p. 64 y 68; *Contributions to terrestrial Magnetism*, n.º VII, en las *Philosoph. Transactions for* 1846, 3.ª parte, p. 254.

(16) Pág. 83.—Sabine, en el *Seventh Report of the British Association*, p. 77.

(17) Pág. 84.—Ross, *Voyage in the southern and antarctic Regions*, t. I, p. 322. Este gran navegante cortó por dos veces la línea de la mayor intensidad, entre Kerguelen y Van Diemen, la primera, á 46° 44′ de latitud austral y 126° 6′ de longitud oriental, punto en que la intensidad se elevaba hasta 2,034, para descender al E., en direccion de Hobarton) hasta 1,824 (*idem*, t. 103 y 104); la segunda, un año mas tarde, del 1.º de junio al 3 de abril de 1841, Ros halló, segun el diario de bordo del Erebus, que desde la latitud de — 77° 47′ (long. 173° 41′ E.) hasta la de — 51° 16′ (long. 134° 30′ E.), la intensidad era sin interrupcion superior á 2,00 y aun se elevaba hasta 2,07 (véase *Philos. Transactions for* 1843, 2.ª parte, p. 211-215). El resultado á que llegó Sabine para uno de los focos del hemisferio meridional (lat.—64°, long. 135° 10′ E.), y que he indicado en el testo, está sacado de las observaciones recogidas por Ross del 19 al 27 de marzo de 1841 (crossing the southern isodynamic ellipse of 2,00 about midway between the extremities of its principal axis), entre — 58° y — 64° 26′ de latitud, 126° 20′ y 146° 0′ de longitud oriental. Véase *Contribut. to terrestr. Magnetism*, en las *Philos. Transactions for* 1846, 3.ª parte, p. 252.

(18) Pág. 84.—Ross, *Voyage*, etc., t. II, p. 224. Segun las instrucciones dadas al partir, suponíanse los dos focos meridionales de la mayor intensidad situados á — 47° de latitud, 140° de long. oriental, y — 60° de lat., 235° de long. oriental, contados desde el meridiano de Greenwich.

(19) Pág. 84.—*Philos. Transactions for* 1850, 1.ª parte, p. 201; *Admiralty Manual*, 1849, p. 16; Erman, *Magnetische Beobachtungen*, páginas 437-454.

(20) Pág. 84.—*Cosmos*, t. IV, p. 64.

(21) Pág. 85.—En el mapa de las líneas isodinámicas de la América setentrional que acompaña á la Memoria de Sabine: *Contributions to terrestrial Magnetism*, n.º VII, debe leerse 14,21 en lugar de 14,88; el verdadero número se halla en el testo de la disertacion, p. 252. En la adi-

Digitized by Google

cion á la nota 158, hecha por Sabine en el primer tomo de la traduccion inglesa del *Cosmos*, se ha impreso tambien 13,9 en vez de 14,21.

(22) Pág. 85 —He dado el número 15,60 segun las indicaciones de Sabine. (*Contributions*. etc., n.° VII, p. 252.) Se ve por el Diario magnético del Erebus (*Philos. Transactions for* 1843, 2.ª parte, p. 169 y 172) que el 8 de febrero de 1841, á — 77° 47′ de latitud, 115° 2′ de longitud occidental, observaciones aisladas sobre el hielo, dieron hasta 2,124. El valor de la intensidad era 15,60 de la escala absoluta; esto supone á priori para Hobarton una intensidad igual á 13,51 (vease *Magnetic and meteorol. Observations made at Hobarton*, t. I, p. LXXV). La intensidad de Hobarton ha aumentado algo recientemente elevándose á 13,56 (*idem*, t. II, p. 46). En el *Admiralty Manual*, p. 17, que hallo el número que representa el foco meridional mas cambiado es 15,8.

(23) Pág. 85 —Véase Sabine, en la traduccion inglesa del *Cosmos*, t. I, p. 414.

(24) Pág 86.—Véase en los *Proceedings of the British Association at Liverpool*, 1837, p. 72-74, el interesante mapa titulado *Map of the World, divided into hemispheres by a plane coinciding with the meridians of* 100 *and* 280 *E. of Greenwich, exhibiting the unequal distribution of the magnetic Intensity in the two hemispheres*, plana v. Tomando por punto de partida el meridiano de Paris, este plano pasa por los 97° 40′ de longitud oriental, y 28° 20′ de longitud occidental. Erman halló en la zona meridional que se estiende en latitud de — 24° 25 á — 13° 18′, entre 37° 10′ y 35° 4′ de longitud O., la intensidad de la fuerza magnética casi sin interrupcion bajo 0.76, es decir muy pequeña.

(25) Pág. 86.—Véase el *Cosmos*, t. I, p. 168 y 401 (nota 60).

(26) Pág. 86.—*Voyage in the southern Seas*. t. I p. 22 y 27.

(27) Pág. 86.—Véase el Diario marítimo de Sulivan y Dunlop, en las *Philosoph. Transactions for* 1840, 1.ª parte, p. 143; sin embargo no han hallado para el mínimum, mas que 0,800.

(28) Pág. 87.—Se obtiene la relacion de 1 : 2,44, comparando la intensidad absoluta de Santa Elena (6,4) con el foco mas enérgico del hemisferio meridional La relacion es de 1 á 2,47, si se compara Santa Elena con el maximum meridional, que es, segun el *Admiralty Manual* (p. 17), de 15,8; y de 1 á 2,91, si se compara el valor relativo de las observaciones hechas por Erman en el Océano Atlántico (0,706), con el foco meridional (2,06). Llégase por último á la relacion de 1 á 2,95, comparando la menor evaluacion de este viajero eminente, tomada de

Digitized by Google

una manera absoluta (5,35), con el mayor de los números que representan el foco meridional (15 8). La relacion media seria 1: 2,69. Vease sobre la intensidad de Santa Elena (valor absoluto 6,4; valor relativo 0,845), las últimas observaciones de Fitz-Roy (0,836), en las *Philosoph. Transactions* for 1847, 1.ª parte, p. 52, y *Proceedings of the Meeting a Liverpool*, p. 56.

(29) Pág. 87.—Véase la traduccion inglesa del *Cosmos*, t. I. p. 413, y *Contributions to the terrestrial Magnetism*, n.º VII, p. 256.

(30) Pág. 88.—Sobre la ilusion que ha podido producir, en las hulleras de Flenou, el resultado de que la intensidad horizontal crece 0,001, á una profundidad de 83 pies bajo tierra, véase el *Diario del Instituto*, abril de 1855, p. 146. En una honda mina inglesa, Henwood no halló ningun aumento de intensidad magnética á 950 pies bajo el nivel del mar. Véase Brewster, *Treatise on Magnetism*, p. 275.

(31) Pág. 88.—*Cosmos*, t. I, p. 386 y 387; t. IV, p. 33.

(32) Pág. 89.—La disminucion de la intensidad magnética por la altura resulta de la comparacion de las observaciones que he hecho en la Villa de Caracas (á 8,105 pies sobre el nivel del mar, intensidad 1,188); con las que he recogido en el puerto de la Guayra (de 0 pies de elevacion, intensidad 1,262), y en la ciudad de Caracas (de 2,484 pies de altura é intensidad 1,209); en Santa Fe de Bogotá (altura 8,190 pies, intensidad 1,147), y en la capilla de Nuestra Señora de Guadalupe, situada precisamente sobre la ciudad, y suspendida como nido de golondrinas en el flanco escarpado de una roca (altura 10,128 pies, int. 1,127); en el volcan de Puraz (altura 13,650 p., int. 1,077), en el pequeño lugar de Puraz (altura 8,136 p., int. 1,087), y en la ciudad de Popayan (altura 5,466 p., int. 1,117); en la ciudad de Quito (altura 8.952 p., int. 1,067) y en el pueblo de S. Antonio de Lulumbamba, situado en la grieta de una roca cercana, inmediatamente debajo del ecuador geográfico (altura 7,650 p., int. 1,087). En los lugares mas elevados donde observé las oscilaciones de la aguja, en la pendiente del Antisana, volcan apagado desde hace mucho tiempo, en frente del Chussulongo, obtuve, á 14,960 pies de altura, resultados distintos de los que preceden. Las observaciones debieron hacerse en una vasta cavidad, y el crecimiento considerable que yo comprobé en la intensidad magnética procedia ciertamente de una atraccion local ejercida por la masa traquítica que nos cercaba, segun se ve por los esperimentos hechos con Gay-Lussac en los bordes del cráter del Vesubio y en el cráter mismo. Hallé que la intensidad se elevaba en el hueco de Antisana á 1,188, mientras que era apenas de 1,068 en las mesetas de alrededor, que no

Digitized by Google

tenian la misma altura. La intensidad se observó mayor en el hospicio de Saint-Gothard (1,313) que en Airolo (1,309); pero era allí menor que en Altorf (1,322). La intensidad de Airolo, porel contrario, sobrepujaba á la del Urfern-lochs (1,307). Gay Lussac y yo hemos comprobado además que en el hospicio del monte Cenis la intensidad era de 1,344, mientras que solo llegaba á 1,323 en Lens le-Bourg, al pie del dicho monte, y á 1,336 en Turin. Segun he indicado mas arriba, el Vesubio, volcan aun en actividad, fue naturalmente el que nos ofreció las mayores contradicciones. En 1805, mientras que la intensidad magnética era en Nápoles de 1,274, y en Portici de 1,288, en la ermita de S. Salvador llegaba á 1,302 para descender á 1,193 en el cráter del Vesubio, inferior la que se observaba en toda la comarca de alrededor. El hierro contenido en la lava, la proximidad de los polos magnéticos formados en fragmentos separados, y el calentamiento del suelo que es en general una causa de disminucion, produce las perturbaciones locales mas opuestas. Véase Humboldt, *Viaje á las regiones equinocciales*, t. III, p. 619-626, y *Memorias de la Sociedad de Arcueil*, t. I, 1807, p. 17-19.

(33) Pág. 89.—Las observaciones de Kupffer no se refieren á la cima del Elbruz, sino á la diferencia de altura de las dos estaciones: el puerto de Malya y la pendiente del Kharbis, muy alejadas entre sí desgraciadamente en longitud y en latitud; esta diferencia es de 4,500 pies. Sobre las dudas que Necker y Forbes han suscitado con motivo de este resultado, véase *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, t. XIV, 1840, p. 23-25.

(34) Pág. 89.—Laugier y Mauvais, en las *Memorias*, t. XVI, 1843, p. 1175; Bravais, *Observaciones de la intensidad del Magnetismo terrestre en Francia, en Suiza y en Saboya*, en los *Anales de Química y de Física*, 3.ª série, t. XVIII, 1846, p. 214, y Kreil, *Einfluss der Alpen auf die Intensität*, en las *Denkschriften der Wiener Akademie der Wissenschaften* (Mathemat. Naturwiss., t. I, 1850, p. 265, 279 y 290). Es muy sorprendente que Quetelet, observador bastante exacto, haya visto en 1830 aumentar la intensidad horizontal con la altura, desde Ginebra (1,080) al desfiladero de Balme (1,091) y hasta el hospicio de S. Bernardo (1,096). Véase tambien Brewster, *Treatise on Magnetism*, p. 275.

(35) Pág. 90.—*Anales de Química*, t. LII, 1805, p. 86 y 87.

(36) Pág. 90.—Arago, *Noticias científicas*, t. I, p. 519 (t. IV de las Obras); Forbes, en las *Edinb. Transactions*, t. XIV, 1840, p. 22.

(37) Pág. 90.—Faraday, *Exper. Researches in Electricity*, 1851, p. 53 y 77, § 2881 y 2961.

Digitized by Google

(38) Pág. 91.—Christie, en las *Philosoph. Transactions for* 1825, p. 49.

(39) Pág. 91.—Sabine, *on periodical laws of the larger magnetic disturbances.* en las *Philosoph. Transactions for* 1851, 1.ª parte, p. 126, y *on the annual variation of the magnetic Declination*, en las *Philosoph. Transactions for* 1851, 2.ª parte, p. 636.

(40) Pág. 92.—*Observations made at the magnetic and meteorologic Observatory at Toronto*, t. I, 1840-1842, p. LXII.

(41) Pág. 92.—Sabine, en las *Magnet. and meteorol. Observat. at Hobarton*, t. I, p. LXVIII: «There is also a correspondence in the range and turning hours of the diurnal variation of the total force at Hobarton and at Toronto, although the progression is a double one at Toronto and a single one at Hobarton.» El máximum de la intensidad cae en Hobarton entre las 8 y las 9 de la mañana, y en Toronto el mínimum secundario á las 10 de la mañana. Asi, pues, refiriéndose al tiempo del lugar, el crecimiento y disminucion de la intensidad se producen á las mismas horas, no en horas opuestas, como acontece respecto de la inclinacion y declinacion. Véase sobre las causas de este fenómeno, *Observat. at Hobarton*, p. LXIX. Se puede tambien consultar á Faraday, *Atmospheric Magnetism*, § 2027-3034.

(42) Pág. 92 .—*Philosoph. Transact. for* 1850, 1.ª parte, p. 215 217; *Magnetic observations at Hobarton*, t. II, 1852, p. 46. En el cabo de Buena-Esperanza, la intensidad (fuerza total) esperimenta, en las estaciones opuestas, cambios menos considerables que la inclinacion. Véase *Magnet. Observations at the cape of Good Hope*, t. I, 1851, p. LV.

(43) Pág. 93.—Véase la parte magnética de mi *Asia central*, t. III, p. 442.

(44) Pág. 93.—Barrow, *Arctic Voyages of Discovery*, 1846, p. 521 y 529.

(45) Pág. 94.—No se ha observado hasta ahora en Siberia inclinacion superior á 82° 16′. Esta indicacion es de Middendorf hecha en el rio Taimyr, á los 74° 17′ de latitud boreal y 93° 20′ de longitud E. de Paris. Véase Middendorf, *Reise in Sibirien*, 1.ª parte, p. 194.

(46) Pág. 94.—Ross, *Voyage to the Antarctic Regions*, t. I, p. 246: «I had so long cherished the ambitious hope to plant the flag of my country on both the magnetic poles of our globe; but the obstacles which

Digitized by Google

presented themselves being of so insurmountable a character, was some degree of consolation, as it left us no grounds for self-reproach».

(47) Pág. 94.—*Cosmos*, t. I, p. 165-167 y 398.

(48) Pág. 94.—Sabine, *Pendulum Experiments*, 1825, p. 426.

(49) Pág. 94.—Sabine, en las *Philosoph. Transactions for* 1840, 1.ª parte, p. 137, 139 y 146. Sigo, respecto del movimiento de los nudos africanos, el mapa que acompaña á esta Memoria.

(50) Pág. 95.—Siguiendo mi costumbre constante, doy aquí los elementos de esta determinacion que no carece de importancia: Micuipampa, pequeña ciudad peruana, al pie del Cerro de Gualgayoc, célebre por la riqueza de sus minas de plata: latitud austral 6° 44′ 25″, longitud 80° 53′ 3″; altura sobre el nivel del mar del Sur 11,140 pies, inclinacion magnética 0°,42 hácia el Norte (el círculo llevaba la division centésimal).—Caxamarca, situada en un llano de 8,784 pies de altura: lat. austral 7° 8′ 38″, long. 5h 23m 42s; inclinacion 0°,15 S.—Montan, hacienda que se halla en medio de la montaña y poblada de rebaños de llamas: lat. austral 6° 33′ 9″, long. 5h 26m 51s; altura 8,042 pies, inclinacion 0°,70 N.—Tomependa, en la provincia de Jaen de Bracamoros, en la confluencia de Chinchipe y del rio de las Amazonas: lat. austral 5° 31′ 28″, long. 80° 57′ 30″; altura 1,242 pies, inclinacion 3°,55 N.—Trujillo, ciudad peruana de las costas del mar del Sur: latitud austral 8° 5′ 40″, long. 81° 23′ 37″; inclinacion 2°,15 S. Véase Humboldt, *Coleccion de Observaciones astronómicas* (nivelacion barométrica y geodésica), t. I, p. 316, n.os 242 y 244-254. Respecto de los principios en que descansan las determinaciones astronómicas por las alturas de las estrellas y el cronómetro, véase la misma obra, t. II, p. 379-391. Es efecto singular de la casualidad que el resultado de mis observaciones sobre la inclinacion; hechas en 1802, á los 7° 2′ de latitud austral, 81° 8′ de longitud occidental, concuerden con las conjeturas de Lemonnier, fundadas en cálculos teóricos. «Al N. de Lima, dice Lemonnier, el ecuador magnético debe hallarse, en 1876, á los 7° 1/3, todo lo mas á los 6° 1/2 de latitud austral!» Véase *Leyes del magnetismo comparadas con las Observaciones*, 2.ª parte, p. 59.

(51) Pág. 95.—Saigey, *Memoria sobre el Ecuador magnético*, segun las observaciones del capitan Duperrey, en los *Anales marítimos y coloniales*, 1833, t. IV, p. 5. En esta Memoria Saigey observa ya que el ecuador magnético no es una curva de igual intensidad, y que en diferentes partes de este ecuador la intensidad varia de 1 á 0,867.

Digitized by Google

(52) Pág. 95.—Esta porcion del ecuador magnético ha sido determinada por Erman en 1830. Volviendo de Kamtschatka á Europa, halló Erman la inclinacion casi nula en los lugares cuya indicacion es la siguiente: lat. austral 1° 30′, long. occidental 134° 57′; lat. austral 1° 52′, long. occidental 137° 30′; lat. boreal 1° 54′, long. occidental 136° 5′; lat. austral 2° 1′, long. occidental 141° 28′. Véase Erman, *Magnetische Beobachtungen*, 1841, p. 536.

(53) Pág. 96.—Wilkes, *United States Exploring Expedition*, t. IV, p. 263.

(54) Pág. 96.—Elliot, en las *Philosoph. Transactions for* 1851, 1.ª parte, p. 287-331.

(55) Pág. 96.—Duperrey, en las *Memorias*, t, XXII, 1846, p. 804-806.

(56) Pág. 98.—Arago me escribia desde Metz, el 13 de diciembre de 1827: «He comprobado perfectamente, durante las auroras boreales que se han presentado en Paris últimamente, que la aparicion de este fenómeno va siempre acompañada de una variacion en la posicion de las agujas horizontales y de inclinacion, y en la intensidad. Los cambios de inclinacion han sido de 7 á 8 minutos. Por esto solo, la aguja horizontal, abstraccion hecha de todo cambio de intensidad, debia oscilar mas ó menos vivamente, segun la época en que se hacia la observacion, pero corrigiendo sus resultados por el cálculo de los efectos inmediatos de la inclinacion, aun me ha quedado una variacion sensible de intensidad. Prosiguiendo por un nuevo método las observaciones diurnas de inclinacion en que me has visto ocupado durante tu última estancia en Paris, he hallado no términos medios, sino *cada dia* una variacion regular: la inclinacion es mayor á las 9 de la mañana que á las 6 de la tarde. Ya sabes que la intensidad *medida con una aguja horizontal* está por el contrario en su *minimum* en la primera época, y que llega á su *máximum* entre 6 y 7 de la tarde. Siendo la variacion total muy pequeña, podia suponerse que se debia únicamente al cambio de inclinacion; y, en efecto, la mayor porcion de la *variacion aparente de intensidad* depende de la alteracion diurna de la componente horizontal; pero hechas las necesarias correcciones, queda sin embargo una pequeña cantidad, como indicio de una *variacion real de intensidad.*» Además, en una carta que recibí de Arago el 20 de marzo de 1829, poco tiempo antes de mi viaje á la Siberia, se lee: «No me admira que reconozcas con trabajo en los meses de invierno la variacion diurna de inclinacion de que te he hablado; solo en los meses cálidos es esta variacion bastante sensible para que pueda observarse con un anteojo. Persisto siempre en sostener que los cambios de inclinacion no bastan para esplicar el cambio de intensidad deducido

Digitized by Google

de la observacion de una aguja horizontal. Un aumento de temperatura disminuye las oscilaciones de la aguja, permaneciendo las mismas las demás circunstancias. Por la tarde, la temperatura de mi aguja horizontal es siempre superior á la temperatura de la mañana; luego la aguja deberia, por esta causa, sentir por la tarde en un tiempo dado, menos oscilaciones que por la mañana; pero sufre mas de lo que el cambio de inclinacion permite; luego de la mañana á la tarde hay un *aumento real* de intensidad en el magnetismo terrestre.» Observaciones posteriores y mucho mas numerosas, hechas en Greenwich, Berlin, San Petersburgo, Toronto (Canadá) y en Hobarton (Van-Diemen), han confirmado la opinion de Arago, espresada en 1827, sobre el acrecentamiento que se produce por la tarde en la intensidad horizontal. En Greenwich, el máximum principal de la fuerza horizontal se señala en las 6, el mínimum principal á las 10 de la mañana ó á medio dia; en Schulzendorf, cerca de Berlin, el máximum es á las 8, el mínimum á las 9 de la mañana; en Petersburgo, el máximum corresponde á las 8, el mínimum á las 11 20′ de la mañana, en Toronto el máximum es á las 4, el mínimum á las 11 de la mañana, calculando siempre el tiempo del lugar. Véase Airy, *Magnetic Observations at Greenwich for* 1845, p. 13; *for* 1846, p. 102; *for* 1847, p. 241; Riess y Moser, en los *Annalen* de Poggendorf, t. XIX, 1830, p. 175; Kupffer, *Memoria anual del Observatorio central magnetico de San Petersburgo*, 1852, p. 28, y Sabine, *Magnetic Observations at Toronto*, t. I, 1840-1842, p. XLII. En el cabo de Buena-Esperanza y en Santa Elena, las horas de los cambios de periodo son muy diferentes y casi opuestas; por la tarde es cuando la fuerza horizontal se muestra mas débil. Véase Sabine, *Magnetic Observations at the cape of Good Hope*, p. XL, *at St. Helena*, p. 40. Pero no sucede esto en todo el hemisferio del Sud; el cambio se apercibe á medida que se observa hácia el E. «The principal feature in the diurnal change of the horizontal force at Hobarton is the decrease of force in the forenoon and its subsequent increase in the afternoon.» (Sabine, *Magnetic Observat. at Hobarton*, t. I, p. 44; t. II, p. 43).

(57) Pág. 99.—Sabine, *Observ. at Hobarton*, t. I, p. 47 y 49.

(58) Pág. 101.—Intensidad total en Hobarton: máximum 5 $^1/_2$, mínimum 8 $^1/_2$ de la mañana; en Toronto, máximum principal á las 6, mínimum principal 2 de la mañana, segundo máximum 8 de la mañana, segundo mínimum 10 de la mañana. Sabine, *Observ. at Toronto*, t. I, p. LXI y LXII, y *Observ. at Hobarton*, t. I, p. 68.

(59) Pág. 101.—Sabine, *Report on the isoclinal and isodynamic lines in the British Islands*, 1839, p. 61-63.

(60) Pág. 102.—Véase Humboldt, en los *Annalen* de Poggendorff,

Digitized by Google

t. XV, p. 319-336, t. XIX, p. 357-391, y en el *Viaje á las regiones equinocciales*, t. III, p. 616 y 625.

(61) Pág. 103.—Hansteen, *über jährliche Veränderung der Inclination*, en los *Annalen* de Poggendorff, t, XXI, p. 403-429. Véase tambien sobre el efecto producido por el movimiento de los nudos del ecuador magnético, Brewster, *Treatise on Magnetism*, p. 247. Desde que, merced al establecimiento de las estaciones magnéticas, se ha abierto á las observaciones especiales un campo casi infinito, descúbrense cada dia, al buscar la ley de estos fenómenos, nuevas complicaciones. Vése, por ejemplo, á medida que corren los años, crecer la inclinacion en lugar de disminuir, partiendo del cambio de período del máximun, mientras que siguen su disminucion progresiva anual á partir del mínimun. En Greenwich, por ejemplo, la inclinacion magnética ha disminuido á la hora del máximun en 1844 y 1845, y aumentado á la misma hora en los años 1845 y 1846, continuando la disminucion de 1844 á 1846 á la hora del cambio de período del mínimun. Véase Airy, *Magnetic Observations at Greenwich*, 1846, p. 113.

(62) Pág. 103.—Humboldt, *Cosmos*, t. IV, p. 68.

(63) Pág. 103.—*Philos. Transact. for* 1841, 1.ª part., p. 35.

(64) Pág. 103.—Sawelieff en el *Boletin físico-matemático de la Academia Imperial de San Petersburgo*, t. X, n.º 219, y Humboldt, *Asia central*, t. II, p. 440.

(65) Pág. 103.—Sabine, *Magnetic Observations at the cape of Good Hope*, t. I, p. 65. Si podemos fiar en las observaciones hechas en 1751 por Lacaille, que tuvo cuidado de invertir cada vez los polos, pero que usaba una aguja poco movible, la inclinacion ha debido aumentar en el Cabo 3°,08 en 89 años!

(66) Pág. 104.—Arago, *Narraciones de los Viajes científicos* p. 281-289 (t. IX de las Obras).

(67) Pág. 105.—Creo deber repetir tambien que todas las observaciones de inclinacion, recogidas en Europa y citadas en el pasage del testo que se refiere á esta nota, se relacionan á su vez con la division del círculo en 360 partes, y que las observaciones que yo hice en el mes de junio de 1804, en el nuevo continente, estan solo calculadas segun la division centesimal. Véase mi *Viaje á las regiones equinocciales*, t. III, p. 615-623.

(68) Pág. 105.—Bravais, *sobre la intensidad del Magnetismo terrestre en*

Digitized by Google

Francia, en Suiza y en Saboya, en los *Anales de Química y de Física* 3.ª, serie, t. XVIII, 1846, p. 225.

(69) Pág. 106.—Humboldt, *Viaje á las Regiones equinocciales*, t. I, p. 116, 227 y 288.

(70) Pág. 106.—El pozo del Khurprinz está situado cerca de Freiberg, en el Erzgebirge sajon. El punto subterráneo estaba en la sétima galería del filon Ludwig, á 80 *lœchter* al E. del pozo de estraccion, 40 *lœchter* al O. de la fosa de agotamiento, y á 133 1/2 *lœchter* de profundidad. Las observaciones hechas con Freiesleben y Reich á las 2 1/2 de la tarde, siendo la temperatura del pozo 15°,6 del termómetro centígrado, dieron los resultados siguientes: inclinacion de la aguja A, 67° 37',4; inclinacion de la aguja B, 67° 32',7; término medio de las dos agujas en el interior del pozo 67° 35',05. Al aire libre, en un punto de la superficie, colocada, á juzgar por el plano trazado por el ingeniero de la mina, directamente sobre el que habia servido para los esperimentos subterráneos, la aguja A, marcaba, á las 11 de la mañana, 67° 33',87, la aguja B 67° 32',12; término medio de las dos agujas, en la estacion superior, 67° 32',99, siendo la temperatura del aire 15°,8 centígrados; diferencia de los dos términos medios, 2',06. La aguja A, que era la que me inspiraba mas confianza y la mas fuerte, acusaba una diferencia de 3',53, de donde se puede deducir que la influencia de la profundidad sobre la aguja B, considerada aisladamente, era casi insensible. Véase Humboldt, en los *Annalen* de Poggendorff, t. XV, p. 326. He descrito detalladamente y aclarado con ejemplos, en el *Asia central* (t. III, p. 465-467) el método que he seguido constantemente, y que consiste en leer sobre el círculo azimutal, á fin de hallar el meridiano magnético por las inclinaciones correspondientes de la aguja en dos planos perpendiculares, y en leer la inclinacion misma sobre el círculo vertical, haciendo girar las agujas sobre los ejes, y observando las dos estremidades antes y despues de la inversion de los polos. He observado diez y seis veces el estado de cada una de las dos agujas, para deducir el término medio de estas observaciones. Si sólo se quieren determinar con verosimilitud tan pequeñas cantidades, no hay temor de entrar en los mas minuciosos detalles.

(71) Pág. 106.—*Cosmos*, t. I, p. 384.

(72) Pág. 107.—Humboldt, *Viaje á las Regiones equinocciales*, t. I, páginas 515-517.

(73) Pág. 107.—Mendoza, *Tratado de Navegacion*, t. II, p. 72.

(74) Pág. 108.—Erman, *Reise um die Erde*, t. II, p. 180.

Digitized by Google

(75) Pág. 108.—*Cosmos*, t. IV, p. 49. Petrus Peregrini escribia á uno de sus amigos que, en el año 1269, la aguja imantada marcaba, en Italia, 5° de variacion oriental.

(76) Pág. 109.—Humboldt, *Exámen crítico de la historia y la geografía del Nuevo Continente*, t. III, p. 29, 36, 38 y 44-51. Aunque en la narracion de Herrera (déc. I, p. 23), haya observado Colon que la variacion magnética no era la misma en el dia que en la noche, esto no autoriza á deducir que el gran navegante tuviese conocimiento de las variaciones horarias de la declinacion. Su Diario de bordo, publicado en toda su integridad por Navarrete, nos enseña, en la fecha del 17 y del 30 de setiembre de 1492, que Colon lo referia todo á un movimiento desigual de la estrella polar y del Bootes ó Guardian de la Osa. Véase el *Exámen crítico*, t. III, p. 56-59.

(77) Pág. 109.—*Cosmos*, t. IV, p. 58 Las mas antiguas observaciones hechas en Lóndres, é impresas, son las de Graham, publicadas en las *Philosoph. Transactions for* 1724 (1725, t. XXXIII, p. 96-107), con este título: *an account of Observations made of the horizontal needle at London*, 1722-1723, by Mr. George Graham. El cambio de la declinacion no se funda, se dice allí, «neither upon heat nor cold, dry or moist air. The variation is great-est between 12 and 4 in the afternoon, and the least at 6 or 7 in the evening.» Las horas indicadas aquí no son aquellas en que tienen realmente lugar los camhios de período.

(78) Pág. 110.—Este hecho está acreditado por numerosas observaciones, á saber: en el observatorio del cláustro griego en Pekin, por los esperimentos de Fuss y de Kowanko; en Nertschinsk por el de Anikin; en Toronto, en el Canadá, por los de Buchanan Riddell. En todas estas comarcas, la declinacion es occidental. Tambien contamos con observaciones respecto de los lugares siguientes, en que la declinacion es oriental: en Casan, las de Kupffer y Simonoff; en Sitka, en la costa N. O. de América, las de Wrangel, aunque interrumpidas por numerosas apariciones de luz polar; en Washington, las de Gillis; en Marmato, en la America del Sur, las de Boussingault; en Payta, en la Costa peruana del mar del Sur, las de Duperrey. Recuerdo que la declinacion media era: en Pekin (diciembre de 1831), 2° 15' 42'' Oeste (Poggendorff's *Annalen*, t. 34, p. 54); en Nerstchinsk (setiembre de 1832), 4° 7' 44'' Oeste (Poggend. *Analen, id.* p. 61); en Toronto (noviembre de 1847), 1° 33' Oeste (*Observations at the magnetical and meteorological Observatory at Toronto*, t. 1, p. 11, y Sabine, en las *Philos. Transactions for* 1851, 2.ª parte, p. 636); en Kasan (agosto de 1828), 2° 21' Este (Kupffer y Simonoff; véase tambien Erman. *Reise um die Erde*, t. II, p. 532); en Sitka (noviembre de 1829), 28° 16' Este (Erman *id.*, p. 546); en Marmato (agosto de 1828), 6° 33' Este

Digitized by Google

(Humboldt, en los *Annalen* de Poggendorff, t. XV, p. 331); en Payta (agosto de 1823), 8° 56′ Este (Duperrey, en el *Conocimiento de los tiempos* para 1828, p. 252).—En Tiflis, la marcha de la aguja hácia el O. tiene lugar desde las 7 de la mañana á las 2. Véase Parrot, *Reise zum Ararat*, 1834, 2.ª parte, p. 58.

(79) Pág. 111.—Véase en Hansteen, *Magnetismus der Erde* (1819, página 459), estractos de la carta que escribí de Roma á Karsten, el 22 de junio de 1805, acerca de cuatro movimientos de la aguja imantada, análogos á los períodos del barómetro, y que vienen á ser flujos y reflujos magnéticos. Sobre las variaciones nocturnas de la declinacion, descuidadas por tanto tiempo, puede consultarse á Faraday, *on the night Episode*, § 3012-3024.

(80) Pág. 111.—Airy, *Magnet. and meteorol. Observations made at Greenwich*, 1845 (Results), p. 6; 1846, p. 94; 1847, p. 236. Hasta qué punto los primeros cálculos sobre las horas de los cambios de períodos del dia y de la noche se conforman con los resultados obtenidos cuatro años mas tarde en los ricos observatorios magnéticos de Greenwich y del Canadá, se deduce de la discusion á que se ha dedicado mi antiguo amigo Encke, sábio director del Observatorio de Berlin, sobre las observaciones correspondientes, recogidas en Berlin y Breslau. Encke escribia el 11 de Octubre de 1836: «En lo concerniente al máximun de noche ó inflexion de la curba que señala las variaciones horarias de la declinacion, no creo que pueda en general suscitarse duda alguna, segun Dove ha deducido, en 1830, de las observaciones hechas en Freiberg (Poggendorff's *Annalen*, t. 19, p. 373). Las representaciones gráficas son, para la inteligencia de este fenómeno, mucho mas preferibles que los cuadros numéricos. En los trazados, las grandes irregularidades saltan á la vista desde luego, y permiten tirar una línea media, mientras que, en los números, el ojo se engaña frecuentemente y se está espuesto á tomar una irregularidad muy notable por un máximun ó un mínimun verdadero. Los períodos parecen fijados como sigue:

La mayor declinacion oriental.	20h. 1.er máximun E.
La mayor declinacion occidental.	1h. 1.er mínimun E.
Segundo máximun oriental ó pequeño máximun.	10h. 2.° máximun E.
Segundo mínimun occidental ó pequeño mínimun.	16h. 2.° mínimun E.

El segundo mínimun, ó elongacion occidental nocturna, cae propiamente entre 15 y 17 horas, unas veces mas cerca de 15, y otras mas de 17. Apenas es útil recordar que las declinaciones que Encke y yo llamamos mínimos hácia el E. (1h y 16h) son, para las estaciones inglesas y americanas, fundadas en 1840, máximos hácia el O., y que, recíprocamente, nuestros máximos hácia el E. (20h y 10h), se transforman en mínimos hácia el O. Para representar, por consiguiente, de la manera mas

Digitized by Google

general y mas regular, la marcha de la aguja imantada en el hemisferio meridional, elijo las denominaciones adoptadas por Sabine, empezando por la época de la mayor elongacion hácia el O., calculada segun el tiempo medio de cada lugar.

	Freiberg	Breslau	Greenwich	Makerstown	Toronto	Washington.
	1829	1836	1846-47	1842-43	1845-47	1840-42
Máximun.	1h	1h	2h	0h40m	1h	2h
Mínimun.	13	10	12	10	10	10
Máximun.	16	16	16	14h15m	14	14
Mínimun.	20	20	20	19h15m	20	20

Considerando cada estacion separadamente, se han comprobado en Greenwich algunas particularidades notables. En 1847, no hubo, en invierno, mas que un solo máximun, á las 2, y un solo mínimun á las 12 de la noche; en estío, fué doble la progresion, pero el segundo mínimun cayó á 14h en lugar de 16h. La mayor elongacion hácia el O., es decir, el primer máximun, quedó fijado en estío, como en invierno, á 2h. La menor, es decir, el segundo mínimun, fué, en el estío de 1846, á 20h, como de ordinario, y á 12h en el invierno. Durante el invierno del mismo año de 1846, el aumento medio de la elongacion occidental se produjo sin interrupcion desde 12h hasta 2h. (Véase tambien para el año de 1845, p. 5). En Makerstown, situado en Escocia, en el condado de Roxburgh, está el Observatorio que acredita el celo de Brisbane por la ciencia (véase Allan Broun, *Observations in Magnetism and Meteorology made at Makerstown in* 1843, p. 221-227). Respecto de las observaciones horarias hechas dia y noche en San Petersburgo, puede consultarse á Kupffer, *Memoria meteorológica y magnética en* 1851, p. 17. Sabine, en el trazado ingeniosamente combinado, con que representó la curva de la declinacion horaria en Toronto (*Philos. Transact. for* 1851, 2.ª parte), indica un reposo muy notable de dos horas, de 9 á 11, como precediendo al pequeño movimiento hácia el E. que se produjo por la noche á partir de las 11 hasta las 3 de la mañana. Sabine dice: «We fin alternate progression and retrogression at Toronto twice in the 24 hours. In 2 of the 8 quarters (1841 and 1842) the inferior degree of regularity during the night occasions the occurence of *a triple maximum and minimum*; in the remaining quarters the turning hours are the same as those of the mean of the 2 years» (*Observations made at the magnet. and meteorol. Observatory at Toronto in Canada*, t. 1.°, p. 14 y 24, 183-191 y 228, *and Unusual magnet. Disturbances*, 1.ª parte, p. 6). Respecto de las observaciones muy completas hechas en Washington, véase Gilliss, *Magnet. and meteorol. Observations made at Washington*, p. 325 (general Law), y Bache. *Observat. at the magnet. and meteorol. Observatory at the Girar d College* (Philadelphia), *made in the years* 1840 to 1845 (tres volúmenes de 3212

Digitized by Google

paginas), t. 1.º, p. 709; t. 2.º, p. 1285; t. 3.º, p. 2167 y 2702. A pesar de la proximidad de Washington y Filadelfia, puesto que el intervalo entre estas dos ciudades es únicamente de 1º 74' de lat. y 0º7' 33'' en longitud, hallo cierta diferencia entre los pequeños períodos del segundo máximun occidental y del segundo mínimun occidental; el máximun adelanta en Filadelfia hora y media, el mínimun dos horas y cuarto.

(81) Pág. 111.—Gilliss, en sus *Magnet. Observations of Washington* (página 328), cita ejemplos de estos pequeños adelantos de tiempo. En el N. de Escocia, en Makerstown, á los 55º 35' de latitud, se han comprobado tambien oscilaciones en el pequeño mínimun que, durante los tres primeros y los cuatro últimos meses del año, llega á 21h, y, durante los otros cinco, de abril á agosto, adelanta dos horas. Lo contrario pasa en Greenwich y en Berlin (véase Broun, *Observat. made at Makerstown*, página 225). Aunque el mínimun cae, por la mañana, casi al mismo tiempo que el mínimun de la temperatura, y el máximun coincide tambien con corta diferencia con el máximun de calor, el segundo máximun y el segundo mínimun, que se producen durante la noche, desmienten la parte que se podria atribuir al calor en los cambios regulares de la declinacion horaria. «Hoy, dice Reslhuber (Poggendorff's *Annalen*, t. 85, 1852, página 416), dos máximos y dos mínimos de la declinacion cada 24 horas, y solo un máximun y un solo mínimun de temperatura.» Sobre la marcha normal de la aguja imantada en la Alemania del N., puede leerse la descripcion fidelísima de Rose (Poggendorff's *Annalen*, t. 19, p. 364-374).

(82) Pág. 112.—*Viage á Islandia y Groenlandia en* 1835 y 1836, *á bordo de la corbeta Recherche* (*Fisica*), 1838, p. 214-225 y 358-367.

(83) Pág. 112.—Sabine, *Account of the Pendulum Experiments*, 1825, p. 500.

(84) Pág. 112.—Barlow, *Bericht über die Beobachtungen von Port-Bowen*, en *Edinb. new Philos. Journal*, t. 2.º, 1827, p. 347.

(85) Pág. 113.—El profesor Orlebar de Oxford, en otro tiempo Superintendente del Observatorio magnético construido en la isla de Colaba, á espensas de la Compañía de las Indias, ha procurado aclarar las leyes an complejas de los cambios de la declinacion en los períodos secundarios. Véase *Observations made at the magnet. and meteorol. Observatory at Bombay in* 1845 (Results, p. 2-7). Estoy admirado de ver la marcha de la aguja, durante el primer período de abril á octubre (mínimun occidental 19h 1/2, máximun 0h 1/2, mínimun 5h 1/2, máximun 7h), convenir tan exactamente con lo que se ha observado en la Europa central. El mes mismo de Octubre es un período de transicion, porque, en noviembre y

Digitized by Google

en diciembre, la cuota de la variacion diurna alcanza apenas á 2 minutos. Aunque Bombay esté á 8° de distancia del ecuador magnético, es ya difícil de reconocer allí cambios regulares de período. Siempre que obran en la naturaleza, causas diversas de perturbacion sobre un fenómeno de movimiento, durante períodos cuya direccion nos es desconocida, el elemento regular queda por mucho tiempo perdido en medio de estas acciones contrarias, ó que, si concurren al mismo objeto, no pueden hacerlo uniformemente.

(86) Pág. 113.—Véanse las pruebas de este hecho en mi *Exámen crítico de la historia de la Geografía del Nuevo Continente*, t. 3.°, p. 34-37. La mas antigua indicacion de declinacion magnética, debida á Keutsoungchy escritor de principios del siglo XII, era E. 5/6 S. Véase la carta de Klaproth *sobre la invencion de la brújula*, p. 68.

(87) Pág. 113.—Sobre las antiguas relaciones comerciales de los Chinos con Java, de que trata Fahian, en el *Fo-kue-ki*, véase G. de Humboldt, *über die Kawi-Sprache*, t. 1.°, p. 16.

(88) Pág. 114.—*Philos. Transactions for* 1795, p. 340-349; *for* 1798, p. 397. Se me ofrece alguna duda respecto del resultado que Macdonald mismo ha estractado de sus observaciones en el fuerte de Marlborugh, situado en la isla de Sumatra, sobre la ciudad de Bencoolen, á 3° 47′ de latitud austral. Segun Macdonald, la elongacion oriental crece desde 19h hasta 5h. A partir del medio dia, las observaciones no se han hecho continuadamente mas que á las 3, á las 4 ó á las 5, y observaciones aisladas, recogidas fuera de las horas regulares, hacen verosímil que, en la isla de Sumatra, el paso de la elongacion oriental á la occidental, tenga lugar á las 2, exactamente como en Hobarton. Macdonald ha reunido una série de observaciones sobre la declinacion que abraza veintitres meses, de junio de 1794 á junio de 1796, y veo en ellas que en todas las estaciones el movimiento de la aguja de O. á E. se prolonga, y crece, desde las 7 1/2 de la mañana hasta el medio dia, la declinacion oriental Nada recuerda aquí el tipo del hemisferio setentrional que representa Toronto, y que reina en Singapoore del mes de mayo al mes de setiembre; sin embargo el fuerte de Marlborugh está situado casi bajo el mismo meridiano que Singapoore, y solo se halla separado de este 5° 4′ de latitud; pero el ecuador geográfico pasa por entre dichos puntos.

(89) Pág. 114.—Sabine, *Magnet. Observations made at Hobarton*, t. 1.°, 1841 y 1842, p. 35, 2 y 148; t. 2.°, 1843-1845, p. 3-35 y 172-344; y *Observat. made at St Helena*. Véase tambien el mismo, en las *Philos. Transactions for* 1847, 1.ª parte, p 55: *for* 1851, 2.ª parte, p. 636.

Digitized by Google

(90) Pág. 115.—*Cosmos*, t. 1.° p. 195

(91) Pág. 116.—Sabine, *Observations made at the magnet. and meteor. Observatory at St-Helena in* 1840-1845, t. 1.° p. 30, y en las *Philos. Transactions for* 1847, 1.ª parte, p. 51-56. Para representarnos bien, en lo que tiene de sorprendente, la oposicion regular que existe entre dos partes del año: de mayo á setiembre, tipo de latitudes medias del hemisferio setentrional; de octubre á febrero, tipo de las latitudes medias del hemisferio meridional, es necesario, al considerar la curva de la declinacion horaria, comparar entre sí las inflexiones que corresponden á las tres partes del dia, de 14h á 22h, de 22h á 4h, y de 4h á 14h. Cada curvatura colocada sobre la línea que espresa la declinacion media se refiere á otra curvatura casi igual colocada debajo (véase *id.* t., 1.° las curvas AA y BB). Aun en el período de la noche, la oposicion es sensible; pero es aun mas notable, que, en los mismos meses en que Santa Elena y el Cabo de Buena-Esperanza ofrecen el tipo del hemisferio setentrional, los cambios de período adelantan bajo estas latitudes tan meridionales como en Toronto en el Canadá. Véase Sabine, *Observations at Hobarton*, t. 1.° p. 36.

(92) Pág. 117.—*Philos. Transactions for* 1847, 1.ª parte, p. 52 y 57; Sabine, *Observations made at the magnet. and meteorol. Observatory at the cape of Good Hope*, 1841-1846, t. 1.° p. 12 y 13. Faraday ha espuesto sus ingeniosas ideas sobre las causas de estos fenómenos subordinados á la sucesion de las estaciones, en su libro titulado: *Experiments on atmospheric Magnetism*, § 3027-3068. Véase tambien sobre las analogías con Petersburgo, el § 3017. Parece que Abbadie, observador muy asíduo, ha encontrado en las costas meridionales del mar Rojo el tipo raro, variable segun las estaciones, del Cabo de Buena Esperanza, de Santa Elena y el Singapoore (véase Airy, *On the present state of the science of terrestrial Magnetism*, 1850, p. 2). Segun observacion de Sabine en los *Proceedings of the royal Society* (1849, p. 821), «la situacion actual de los cuatro focos de la mayor intensidad magnética lleva probablemente por consecuencia que la importante curva que representa la menor intensidad relativa (no se trata de la intensidad absoluta) corre en la parte meridional del Océano Atlántico, desde las cercanías de Santa Elena á la estremidad meridional del Africa. La situacion astronómica y geográfica de la punta africana, donde el sol está todo el año al N. del zenit, suministra un argumento decisivo contra la esplicacion de La Rive (*Anales de Quimica y de Fisica*, t. 25, 1849, p. 310), respecto del fenómeno de Santa Elena, que puede parecer anómalo á primera vista, pero que no es por esto menos regular y se reproduce en otros puntos.»

(93) Pág. 117.—Halley, *Account of the late surprising appearance of Lights in the Air*, en las *Philos. Transactions*, t. XXIX, 1714-1716, nu-

Digitized by Google

mero 347, p. 422-428. La esplicacion de la luz boreal que da Halley, tiene desgraciadamente muchas relaciones con la hipótesis de fantasía que habia espuesto veinticinco años antes (véase *Philos. Transactions for* 1693, t. 17 n.° 195, p. 563). Segun esta hipótesis, en el interior del globo terrestre, entre la cubierta esterior en que habitamos y el núcleo sólido de la Tierra igualmente habitado por hombres, se halla un fluido luminoso, para la comodidad de las relaciones á que da lugar esta vida subterránea. «In order to make that inner globe capable of being inhabited, there might not improbably be contained some luminous medium between the balls, so as to make a perpetual Day below.» Como en las cercanías de los polos de rotacion, la corteza terrestre debe ser, en razon del aplanamiento, mucho menos espesa que en el Ecuador, parece natural que en ciertas épocas, sobre todo en los equinocios, el fluido luminoso interior, por otro nombre el fluido magnético, se busque un camino en la region polar al través de las quiebras de las rocas; el derramamiento de este fluido es, segun Halley, el que produce el fenóneno de las auroras boreales. Los esperimentos hechos con las limaduras de hierro, esparcidas sobre un imán de forma esferoidal, indica la posicion de los rayos coloreados y luminosos de la luz polar. «De la misma manera que cada uno percibe un arco iris que no es visible mas que para él, así tambien la corona está colocada en un punto diferente para cada observador» (*id.*, p. 424). Sobre el desvarío geognóstico de un observador ingenioso que, en sus trabajos magnéticos y astronómicos, ha ido por otra parte tan al fondo de las cosas, véase el *Cosmos*, t. I, p. 155 y 392 (nota 36).

(94) Pág. 119.—El profesor Oltmanns y yo, hemos sido varias veces aliviados de la fatiga que nos causaban las observaciones prolongadas durante varias noches consecutivas, por observadores muy atentos: Mæmpel, arquitecto; Friesen, geógrafo; un mecánico muy instruido, Nathan Mendelsohn y nuestro gran geognóstico Buch. En este libro, como en mis precedentes escritos, puedo afortunadamente citar todos los que han querido compartir mis trabajos.

(95) Pág. 120.—El mes de setiembre de 1806, ha sido singularmente rico en grandes tempestades magnéticas. Estracto de mi Diario, las notas siguientes:

21
— setiembre de 1806 de 16h 36′ á 17h 43′
22
22
— — de 16h 40′ á 19h 2′
23

Digitized by Google

23
— setiembre de 1806 de 16h 40′ á 19h 2′
24
24
— — de 15h 4′ á 18h 2′
25
25
— — de 14h 22′ á 16h 30′
26
26
— — de 14h 12′ á 16h 3′
27
27
— — de 13h 55′ á 17h 27′
28
28
— — de 12h 3′ á 13h 22′
29

Esta última tempestad fue menos violenta que las otras, y la noche se terminó en un profundo reposo.

En la noche del 29 al 30 empezó tambien una pequeña tempestad que duró desde 10h 20′ hasta 11h y 32′, á la que reemplazó un reposo completo hasta 17h y 6′.

En fin, en la noche del 30 de setiembre al 1.º de octubre, estalló, á 14h y 46′, una tempestad violenta, pero corta. La calma se restableció en seguida, pero á 16h 30′ estalló una segunda tempestad, no menos fuerte que la primera.

La violenta tempestad del 25 al 26 de setiembre habia sido precedida de otra, que duró de 7h 8′ á 9h 11′, con mas fuerza todavía. En los meses siguientes, las grandes perturbaciones magnéticas fueron mucho menos numerosas y pueden compararse con las del equinoccio de otoño. Llamo *gran tempestad* aquella en la cual la aguja realiza oscilaciones de 20 á 38 minutos, ó adelanta todas las disposiciones del segmento, ó hace por fin que la observacion sea imposible. En las *pequeñas tempestades*, las oscilaciones de la aguja son irregulares y varían de 5 á 8 minutos.

(96) Pág. 120.—En diez años de observaciones asíduas, Arago no ha podido ver en París oscilaciones sin cambio en la declinacion. En 1829 escribia: «He comunicado á la Academia los resultados de nuestras observaciones simultáneas. He admirado las oscilaciones que esperimenta á veces la aguja de declinacion en Berlin en las observaciones de 1806, 1807, 1828 y 1829, aun cuando la declinacion media no se ha alterado. En París, no hallamos nunca nada semejante. Si la aguja esperimenta

Digitized by Google

fuertes oscilaciones, solo en tiempo de aurora boreal y cuando la direccion absoluta ha sido notablemente desordenada acontece esto; y aun generalmente los desórdenes en la direccion no van acompañados de movimiento oscilatorio.» Los fenómenos comprobados en 1840 y 1841 en Toronto, á los 43° 39' lat. boreal, son completamente opuestos á la descripcion de Arago, y convienen perfectamente con los esperimentos de Berlin. Los observadores de Toronto eran tan atentos á toda especie de movimiento que indican las vibraciones fuertes ó débiles, los choques y toda especie de perturbaciones segun las subdivisiones de la escala, y no se apartan jamás de esta nomenclatura. Véase Sabine, *Days of unusual magnet. Disturbances*, t. I, 1.ª parte, p. 46. En los dos años 1840 y 1841, se citan, en el Canadá, grupos de dias consecutivos formando un total de 146, en los cuales oscilaciones muy fuertes se han producido (with strong shocks), sin alteracion sensible de la declinacion horaria (*id.* p. 47, 54, 74 88, 95 y 101). Estos grupos están indicados de la manera siguiente: «Times of observations at Toronto, at which the magnetometers were disturbed, but the mean readings were not materially changed.» Casi siempre tambien, durante estas frecuentes apariciones de luz polar, los cambios de declinacion iban acompañados en Toronto de fuertes oscilaciones que á menudo imposibilitaban ver el resultado. Estos esperimentos, que debieran renovarse, nos enseñan que si los cambios de declinacion que perturban momentáneamente á la aguja imantada, producen frecuentemente como consecuencia cambios considerables y definitivos en la variacion (véase Younghusband, *Unusual Disturbances*, 2.ª parte, p. 10); en suma, sin embargo, la amplitud de las oscilaciones está lejos de responder al valor del cambio producido en la declinacion; que las oscilaciones pueden ser considerables, con cambios de declinacion insensibles, y la marcha de la aguja al E. ó al O. rápida y muy marcada, sin movimiento oscilatorio; y que estos efectos de la actividad magnética pueden tomar, segun los lugares, un cáracter distinto y especial.

(97) Pág. 121.—Sabine, *Unusual Disturbances*, t. I, 1.ª part., p. 69 y 101.

(98) Pág. 121.—Estos esperimentos tuvieron lugar á fines de setiembre de 1806. Su resultado se publicó en los *Annalen* de Poggendorf (t, XV. Abril, 1829, p. 330). Se leen allí estas palabras: «Mis antiguas observaciones horarias, hechas en union de Oltmanns, ofrecieron la ventaja de que en la época en que tuvieron lugar, en 1806 y 1807, no se habian practicado aun semejantes ni en Francia ni en Inglaterra. Daban los máximos y mínimos nocturnos, y á conocer esas singulares tempestades mag-

Digitized by Google

néticas que, por la fuerza de las oscilaciones que imprimen á la aguja, hacen imposible toda observacion renovándose á la misma hora varias noches seguidas, sin que se haya podido reconocer hasta aquí á qué concurso de circunstancias meteorológicas deben atribuirse estos fenómenos.» No es, pues, en 1839 cuando se ha comprobado por primera vez cierta periodicidad en las grandes perturbaciones magnéticas. Véase *Report of the fifteenth Meeting of the British Association at Cambridge*, 1845, 2.ª part., p. 12.

(99) Pág. 121.—Kupffer, *Viaje al monte Elbruz en el Cáucaso*, 1829, p. 108: «Las desviaciones irregulares se repiten frecuentemente a la misma hora y durante varios dias consecutivos.»

(100) Pág. 122.—V. Sabine, *Unusual Disturbances*, t. I, 1.ª parte, p. XXI, y Younghusband, *on periodical Laws in the larger magnetic Disturbances*, en las *Philos. Transactions, for* 1853, 1.ª part, p. 173.

(1) Pág. 122.—Sabine, en las *Philos. Transactions for* 1851, 1.ª parte, p. 125-127: «The *diurnal variation* observed is in fact constituted by two variations superposed upon each other, having different laws and bearing different proportions to each other in differents parts of the globe. At tropical stations the influence of what have been hitherto called the irregular disturbances (magnetic storms) is comparatively feeble; but it is otherwise at stations situated as are Toronto (Canada) and Hobarton (Van Diemen Island) where their influence is both really and proportionally greater and amounts to a clearly recognizable part of the whole diurnal variation.» Pasa aquí, en la influencia compleja, producida por causas de movimientos simultáneos aunque diferentes, lo mismo que tan bien espresa Poisson en su teoría de las ondas (*Anales de Quimica y Fisica*, t. VII, 1817, p. 293): «Varias clases de ondas pueden cruzarse. En el agua como en el aire, los pequeños movimientos se *superponen.*» Véanse tambien las conjeturas de Lamont, sobre el efecto complejo de una onda polar y de una onda ecuatorial, en los *Annalen* de Poggendorff, t. 84, p. 583.

(2) Pág. 123.—Véase *Cosmos*, t. IV., p. 120.

(3) Pág. 123.—Sabine en las *Philos. Transactions for* 1852, 2.ª part., p. 110; Younghusband, *id.*, p. 169.

(4) Pág. 124.—Segun Lamont y Reslhuber, el período magnético es de 10 años $^1/_3$, de tal manera que el término medio del movimiento diurno aumenta durante cinco años, y disminuye durante otros cinco, con la circunstancia de que la amplitud de la declinacion es siempre casi do-

Digitized by Google

ble en estio que en invierno (véase Lamont, *Jahresbericht der Sternwarte zu München für* 1852, p. 54-60). El director del Observatorio de Berna, Wolf, ha hallado por medio de un trabajo mucho mas completo, que el período de coincidencia de la declinacion magnética y de la frecuencia de las manchas solares puede evaluarse en 11 años y $^1/_{10}$.

(5) Pág. 124.—Véase el *Cosmos*, t. IV, p. 70, 71, 73, 75 y 76.

(6) Pág. 124.—Sabine, en las *Philos. Transactions for* 1852, 1.ª part., p. 103 y 121.—Véase tambien, además de la Memoria deWolff, ya citada, que data del mes de julio de 1852 (*Cosmos*, t. IV, p. 71), otras hipótesis de Gautier, publicadas casi al mismo tiempo en la *Biblioteca Universal de Ginebra*, t. XXI, p. 189.

(7) Pág. 124.—Véase *Cosmos*, t. III, p. 368-372.

(8) Pág. 125.—Sabine, en las *Philos. Transactions for* 1850, 1.ª part., p. 216. Véase tambien Faraday, *Exper. Researches on Electricity*, 1851, p. 56, 73 y 76, § 2891, 2949 y 2958.

(9) Pág. 125.—Véase el *Cosmos*, t. I, p. 168; Poggendorff's *Annalen* t. XV, pág. 334 y 335, y Sabine, *Unusual Disturbances*, t. I, 1.ª parte, p. XIV-XVIII, donde se encuentran tablas de tempestades que han estallado simultáneamente en Toronto, en Praga y la Tierra de Van Diemen. Durante los dias en que han sido mas violentas en el Canadá las tempestades magnéticas, el 22 de marzo, el 10 de mayo, el 6 de agosto y el 25 de setiembre de 1851, se observaron los mismos fenómenos en el hemisferio meridional en Australia, véase tambien Belcher, en las *Philos. Transactions for* 1843, p. 133.

(10) Pág. 125.—Véase el *Cosmos*, t. I, p. 190.

(11) Pág. 126.—Véase el *Cosmos*, t. I, p. 163, 164 y 397. (nota 50); t. II, p. 275 y 449 (notas 93 y 94); t. IV, p. 4, 7-57.

(12) Pág. 127.—He hecho resaltar, en épocas muy diferentes, la importancia de esta proposicion: una vez, en 1809, en mi *Coleccion de Observaciones astronómicas* (t. I, p. 368); otra, en 1839, pocos dias despues de la partida de Ross para su espedicion al polo S., en una carta al conde Minto, entonces primer Lord del Almirantazgo (véase *Report of the Committee of Physics and Meteorol. of the Royal Society relative to the Antarctic Expedition*, 1840, p. 88-91), que dice así: «Seguir las huellas del ecuador magnético ó la de las líneas sin declinacion, es gobernar (dirigir el derrotero del buque) de manera que se corten las líneas cero en los intervalos mas pequeños, cambiando de rumbo cada vez que las observaciones de inclinacion ó de declinacion prueben que hay desviacion. No ignoro que segun las grandes ideas de Gauss sobre los verdaderos

Digitized by Google

fundamentos de una Teoría general del Magnetismo terrestre, el conocimiento profundo de la intensidad horizontal, la eleccion de los puntos en que los tres elementos de declinacion, inclinacion é intensidad total han sido medidos simultáneamente, bastan para hallar el valor de $\frac{V}{R}$ (Gauss, § 4 y 27), y que estos son alli los puntos vitales de las investigaciones futuras; pero la suma de las pequeñas atracciones locales, las necesidades del pilotage, las correcciones habituales del Rumbo y la seguridad de los caminos continuan dando una importancia especial al conocimiento de la posicion y de los movimientos periódicos de traslacion de las líneas sin declinacion. Sostengo aquí su causa, que está ligada á los intereses de la geografía física.» Aun pasarán bastantes años antes de que los mapas de variaciones construidos segun la teoría del magnetismo terrestre puedan servir de guia á los navegantes (véase Sabine en las *Philos. Transactions for* 1849, 2.ª part., p. 204), y las ideas puramente objetivas, y dirigidas hácia la observacion real, que defiendo aquí, si se realizasen por determinaciones periódicas y espediciones simultáneas por tierra y mar, y se emprendieran con un objeto fijado de antemano, ofrecerian la ventaja de una aplicacion práctica inmediata; asegurarian un conocimiento exacto de la mutacion secular de las líneas, suministrando por último á la teoría de Gauss gran número de datos nuevos, susceptibles de ser sometidos al calculo (véase Gauss, § 25). Para hacer mas fácil la exacta determinacion de la traslacion de las dos líneas sin declinacion y sin inclinacion, seria importante sobre todo establecer jalones cada veinticinco años, en los sitios donde estas líneas entran y salen de los continentes. En estas espediciones, semejantes á las antiguas de Halley, se cortarian necesariamente otras muchas líneas isoclínicas é isogónicas, y podria medirse en las costas la intensidad horizontal y total, en términos de poder satisfacer á la vez varios objetos. El deseo que aquí espreso lo apoyó Ross, gran autoridad marítima, á la que me refiero siempre con gusto, (*Voyage in the southern and antarctic Regions*, t. I, p. 105.

(13) Pág. 127.—Acosta, *Historia de las Indias*, 1590, l. I, c. 17. He tratado ya la cuestion de saber si la creencia de los marinos holandeses en la existencia de cuatro líneas sin declinacion, al dar motivo al debate entre Bond y Beckborrow, tuvo ó no influencia en la teoría de los cuatro polos magnéticos de Halley. Véase el *Cosmos*, t. 2.º p. 276 y 449 (nota 94).

(14) Pág. 128.—En el interior del Africa, la línea isogónica de 22° ½ Oeste, merece particular atencion bajo el punto de vista de la física del

Digitized by Google

globo, como línea intermediaria entre sistemas muy diferentes, y porque, segun la construccion teórica de Gauss, junta la parte oriental del océano Indico con la tierra de Newfundland, á través del continente africano. La estension que el gobierno de la Gran Bretaña acaba de dar generosamente á la espedicion africana de Richardson, Barth y Overwegh, apresurará quizá la solucion de estos problemas magnéticos.

(15) Pág. 129.—Ross atravesó la curva sin declinacion, á los 61° 30' de lat. austral y 24° 50' de long. O. de París (*Voyage to the Southern Seas*, t. 2.° p. 357). A los 70° 43' de lat. austral y 19° 8' de long. occidental, el capitan Crozier halló, en el mes de marzo de 1843, la declinacion igual á 1° 38'; estaba por consiguiente muy cerca de la línea cero. Sabine, *on the magnet. declination inthe Atlantic Ocean for* 1840, en las *Philos. Transactions for* 1849, 2.ª part., p. 233.

(16) Pág. 129.—Ross, *Voyage to the Southern Seas*, t. I, p. 104, 310 y 317.

(17) Pág. 130.—Elliot, en las *Philos. Transactions for* 1851, 1.ª parte, p. 331. Sandalawood es una pequeña isla de forma alargada, en la que se recoge la madera de sándalo (en malayo y javanés *tschendana*, en sanscrito *tschandana*, en árabe *ssandel*).

(18) Pág. 130.—Esta es la opinion de Barlow, y de este modo se halla la linea trazada en el mapa que acompaña al *Report of the Committee for the antartic Expedition*, 1840, bajo el título de *Lines of magnetic Declinations computed according to the Theory of. Mr. Gauss*. Segun Barlow, la línea sin declinacion que viene de la Australia entra en el continente asiático por el golfo de Cambay, pero se replega inmediatamente hácia el N. E., y termina en el mar del Japon, cerca de Thaiwan ó Formosa, sobre el Tibet y la China. Segun Gauss, la línea australiana sube simplemente á Laponia á través de la Persia y Nishnei Nowgorod. Este gran geómetra considera la línea cero del mar del Japon y del archipiélago filipino, como la que envuelve el grupo oval cerrado del Asia oriental, sin ninguna relacion con la de la Australia, la del océano Indico, la del Asia occidental y la de Laponia.

(19) Pág. 130.—He tratado en otra parte (*Asia central*, t. III, p. 458-461), de la identidad que establecen mis propias observaciones en el mar Caspio, en el Uralsk, á orillas del Jaik, y en la estepa que rodea el lago Elton.

(20) Pág. 130.—Véase Erman, *Map of the magnetic Declination*, 1827-

Digitized by Google

1830. Pero el mapa de Elliot prueba positivamente que la línea australiana sin declinacion no atraviesa á Java. Esta línea corre paralelamente al litoral meridional, á distancia de 1° ½ de lat. Como, segun Erman, pero no segun Gauss, la línea australiana sin declinacion, despues de haber atravesado el mar del Japon entre Malaca y Borneo, vuelve á unir el continente con la costa setentrional del golfo Ochotsk, cerca del grupo oval cerrado del Asia oriental, á los 59° 30′ de latitud, y nuevamente sale de allí por la península de Malaca, el intervalo entre la línea ascendente y la descendente no seria mas que de 11°, y, segun este trazado, la curva sin declinacion del Asia occidental, que une el mar Caspio con la Laponia rusa, seria la prolongacion directa y mas próxima de la parte de la línea que desciende de N. á S.

(21) Pág. 131.—Desde 1843, he dado á conocer documentos conservados en los archivos de Moskou y de Hannover (*Asia central*, t. 3.°, p. 469-476), de los que resulta que Leibnitz, que trazó el primer plan de una espedicion francesa á Egipto, pensó tambien utilizar, antes que nadie, las relaciones que se establecieron en 1712 entre Alemania y Pedro el Grande, para hacer determinar regularmente, en épocas periódicas, la posicion de las curvas de inclinacion y de declinacion, en todo el imperio ruso, cuya estension escede la superficie de la Luna visible á los habitantes de la Tierra. En una carta dirigida al Czar y hallada por Pertz, habla Leibnitz de un pequeño globo terrestre (terrella) que se conserva aun en Hannover, y sobre el cual habia trazado la línea sin declinacion, *linea magnética primaria*. Afirma que no existe mas que una sola línea sin declinacion, que divide á la Tierra en dos partes casi iguales, y que presenta cuatro sinuosidades, *puncta flexus contrarii*, en las cuales pasa de la convexidad á la concavidad; que del cabo Verde, corre esta línea hácia las costas orientales de la América del Norte, á los 36° de latitud, yendo desde allí á buscar, á través del mar del Sud, las costas orientales del Asia y la Nueva-Holanda. Añade por último, que esta línea se vuelve á cerrar sobre sí misma, y pasa cerca de los dos polos, pero deteniéndose mas lejos del polo N., bajo el cual la declinacion es de 25° O., que del polo S., bajo el cual la declinacion no es mas que de 5°. De 0° á 15°, la declinacion oriental domina en una gran parte del océano Atlántico, en todo el mar del Sur, en el Japon, en una parte de la China y de la Nueva Holanda. «Puesto que el médico Donelli ha muerto, dice Leibnitz, es necesario reemplazarle con otro, que administre pocos medicamentos, pero que pueda dar muchos consejos científicos sobre los esperimentos de declinacion é inclinacion.» Es preciso reconocer que ningun conocimiento teórico especial resulta de estos documentos, completamente olvidados hasta 1843.

Digitized by Google

(22) Pág. 131.—Véanse mis *Observaciones magnéticas* en el *Asia central*, t. III, p. 460.

(23) Pág. 131.—Erman, *Astronom. and magnet. Beobachtungen*, en el libro titulado *Reise um die Erde*, 2ª part., t. II, p. 532.

(24) Pág. 131.—Hansteen, en los *Annalen* de Poggendorff, t. XXI, p. 371.

(25) Pág. 133.—Sabine, *Magnet. und meteorol. Observations at the cape of Good Hope*, t. I, p. LX.

(26) Pág. 133.—Para apreciar los movimientos de la línea sin declinacion, en intervalos tan próximos, y poder juzgar del órden en que se efectúan, es necesario no olvidar que los instrumentos y los métodos entonces en uso pueden ocasionar el error de 1°.

(27) Pág. 134.—Véase el *Cosmos*, t. I, p. 397 (nota 50).

(28) Pág. 134.—Euler, en las *Memorias de la Academia de Berlin*, 1757, p. 176.

(29) Pág. 134.—Barlow, en las *Philos. Transactions for* 1833, 2.ª parte, p. 671. Reina gran incertidumbre sobre las observaciones magnéticas hechas en San Petersburgo, en la primera mitad del siglo XVIII. De ellas resultaria que, de 1726 á 1772, la declinacion habria sido constantemente de 3° 15′ ó 3° 30′! Véase Hansteen, *Magnetism. der Erde*, p. 7 y 143.

(30) Pág. 135.—Véase el *Cosmos*, t. I, p. 172-283, y Dove, en los *Annalen* de Poggendorff, t. XIX, p. 388.

(31) Pág. 135.—El escelente trabajo de Lottin, Bravais, Lilliehöök y Siljeström, que, del 17 de setiembre de 1838 al 8 de abril de 1839, observaron las apariciones de la luz polar en el Finnemark, en Bossekop (lat. 69° 58′), y en Jupvig (lat. 70° 6′), se ha publicado en la cuarta parte de los *Viages á Escandinavia, Laponia, Sspitzberg y las Feroes, á bordo de la Corbeta «Recherche»* (Auroras boreales). Hánse agregado á estas observaciones (p. 401-435) los resultados importantes obtenidos de 1837 á 1840 por los inspectores ingleses de las minas de cobre de Kalfiord (latitud 69° 56′).

(32) Pág. 135.—Puede verse, sobre el Segmento oscuro de la aurora boreal, la obra citada en la nota precedente, p. 437-444.

(33) Pág. 135.—Schweigger's, *Jahrbuch der Chemie und Physik*, 1826,

Digitized by Google

t. XVI, p. 198, y t. XVIII, p. 364. El segmento oscuro y la ascension incontestable de rayos negros ó de estrías, en que el desprendimiento de luz es nulo, quizá por efecto de la interferencia, recuerdan las investigaciones de Quet *sobre la Electroquimica en el vacio* y los preciosos esperimentos de Ruhmkorf, en los cuales, en medio de un aire rarificado, las bolas metálicas positivas brillaban con luz roja y las bolas negativas con luz violeta, de tal manera que las fajas luminosas paralelas se hallaban separadas regularmente por capas completamente oscuras. «La luz esparcida entre las bolas terminales de dos conductores eléctricos se reparte en trozos numerosos y paralelos, separados por capas oscuras alternantes y regularmente distintas.» (*Memorias de la Academia de Ciencias*, t. XXXV, 1852, p. 949).

(34) Pág. 136.—*Viaje á Escandinavia*, etc. (Auroras boreales), p. 558, sobre las coronas y los pabellones de las auroras boreales, véanse las escelentes investigaciones de Bravais, *id.*, p. 505-514.

(35) Pág. 136.—«Colgadura ondulante, gallardete de un buque de guerra desplegado horizontalmente y agitado por el viento, corchetes, fragmentos de arcos y de guirnaldas.» (*Id.* p. 35, 37, 45, 67 y 481.) Una interesante coleccion de estos aspectos ha sido dibujada por Bevalet, artista distinguido, agregado á la espedicion.

(36) Pág. 136.—*Viaje á Escandinavia*, etc. (Auroras boreales), p. 527, 528 y 557.

(37) Pág. 137.—*Cosmos*, t. I, p. 175 y 406 (nota 74). Véase tambien Franklin, *Narrative of a journey to the shores of the Polar Sea, in* 1819-1822, p. 597; Kæmtz, *Lehrbuch der Meteorologie*, t. III, 1836, p. 488-490. Las mas antiguas hipótesis sobre la relacion entre la luz polar y la formacion de las nubes son las que espresó Frobesius en el libro titulado: *Auroræ borealis Spectacula*, Helmst., 1739, p. 139.

(38) Pág. 137.—A continuacion estracto de mi Diario de viaje á Síberia un ejemplo notable: «He pasado, separado de mi compañero y al descubierto, toda la noche del 5 al 6 de Agosto de 1829, en un puesto avanzado de Cosacos, en Krasnaja Jarki. Este puesto se halla cerca del Irtysch, en la estremidad oriental del pais, á lo largo de la frontera de la Dzungaria china; es, por consecuencia, de alguna importancia la determinacion astronómica de este lugar.—Noche serena—en la parte oriental del cielo se formaron súbitamente, y antes de media noche, líneas de cirrus, por igual esparcidos, y distribuidos en forma de fajas paralelas y polares. La mayor altura es de 35°. El punto de convergencia setentrional se mueve lentamente hácia el E. Disípanse estas nubes sin llegar al zenit, y algunos

Digitized by Google

minutos despues, nacen en la region Nord-Este del cielo fajas polares de cirrus semejantes á las primeras, moviéndose con gran regularidad durante una parte de la noche, casi hasta la salida del Sol, momento en que llegan á la posicion N. 70° E.—Estrellas errantes en número escesivo; anillos coloreados alrededor de la Luna.—Ningun indicio de luz polar.—Nubes frangeadas, algo de lluvia. El 6 de Agosto, antes del mediodia, el cielo vuelve á mostrarse sereno; y nuevas fajas polares se forman, inmóviles, dirigidas de N. N. E. á S. S. O., y que no cambian de azimut, como he visto tan frecuentemente en Quito y en Méjico.» La declinacion magnética es oriental en el Altai.

(39) Pág. 137.—Bravais que, opuestamente á lo que tengo observado, halló en Bossekop las líneas de cirrus cortando casi siempre en ángulo recto al meridiano magnético (*Viajes á Escandinavia*, etc. (*Fenómeno de traslacion á los pies del arco de las auroras boreales*, p. 534-537), describe con su ordinaria exactitud las conversiones de los verdaderos arcos aurorales (véase *id.*, p. 27, 92, 122 y 487). Ross ha visto y pintado tambien, en auroras australes, estos cambios progresivos de los arcos, que pasan del O. N. O. al N. N. E. (*Voyage in the Southern and Antartic Regions*, t. I, p. 311). La falta de coloracion parece carácter frecuente de las auroras australes (*Id.*, t. I, p. 266, t. II, p. 209). Respecto de las noches sin aurora boreal de la Laponia, véase Bravais, *Viajes á Escandinavia*, etc., p. 545.

(40) Pág. 138.—*Cosmos*, t. I, p. 363 (nota 43) y 406 (nota 73). Los arcos aurorales vistos en pleno dia recuerdan la intensidad luminosa de los núcleos y de las colas de los cometas que, en 1843 y 1847, pudieron observarse en el Norte de América, en Parma y en Lóndres, muy cerca del Sol.

(41) Pág. 138.—*Memorias de la Academia de Ciencias*, t. IV, 1837, p. 589.

(42) Pág. 138.—*Viajes á Escandinavia*, *Laponia*, etc. (Auroras boreales), p. 559, y Martins, en la traduccion de la Meteorologia de Kæmtz, p. 460. Sobre la altura presunta de la luz polar, véase Bravais, *Viajes á Escandinavia*, etc., p, 549 y 559.

(43) Pág. 139.—*Viajes á Escandinavia*, etc., p. 462.

(44) Pág. 139.—Sabine, *unusual magnetic Disturbances*, 1.ª parte, p. XVIII, XXII, 3 y 4.

(45) Pág. 139.—Véase Dove, en los *Annalen* de Poggendorff, t. XX, p. 333-341. El efecto desigual que una aurora boreal produce en la decli-

Digitized by Google

nacion de la aguja imantada, en puntos situados en meridianos muy próximos, puede, en bastantes casos, servir de mucho para reconocer el lugar de la causa eficiente, atendido á que es indispensable que las tempestades magnéticas partan siempre del polo magnético, y porque, segun aserto de Argelander, confirmado por Bravais, la cumbre del arco luminoso se aparta á veces del meridiano mas de 11°.

(46) Pág. 140.—«20 de diciembre de 1806 : cielo azulado, sin indicio de nubes. Hácia las diez de la noche apareció al N. N. O., un arco luminoso de amarillo rojizo, á través del cual reconocí, con un anteojo de noche, estrellas de 7.ª magnitud. Por medio de la constelacion Véga, que se hallaba casi encima del punto culminante del arco, pude determinar el azimut de este punto, que era algo mas occidental que el plano vertical llevado en el sentido de la declinacion magnética. La luz polar, que iluminaba la region del N. N. O., rechazó la estremidad N. de la aguja, porque, en lugar de continuar su moviento hácia el O., como el azimut del arco, la aguja retrocedió hácia el E. Los cambios de declinacion que, en este mes, eran ordinariamente, por la noche, de 2' 27" á 3', se elevaron progresivamente durante la aurora boreal, y sin grandes oscilaciones, á 26' 28". La menor declinacion se observó en el momento en que el fenómeno luminoso fue mas intenso, es decir, á las 9h 12m. Notamos tambien que, durante la aurora boreal, la intensidad horizontal era de 1' 37," 73 por cada 21 oscilaciones. A 21h 60m, mucho tiempo despues, por consecuencia, de la desaparicion de la aurora, que se estinguió completamente á 14h 10m, la intensidad era todavía de 1' 37'', 17 para el mismo número de oscilaciones. La temperatura de la habitacion desde donde medimos las oscilaciones de la pequeña aguja era, durante la aurora, de 3°,2 del termómetro centígrado; á 21h 50m, de 2°,8. La intensidad, por consiguiente, habia disminuido algo durante la aurora. La Luna no ofrecia ningun anillo colorado. Véase tambien Hansteen, *Magnetismus der Erde*, p. 459.

(47) Pág. 140.—Sabine, *on Days of unusual magnetic Disturbances*, 1.ª parte, p. 18. Véase tambien Martins, en la *Meteorologia* de Kæmtz, página 461 : «Bravais deduce, de las observaciones de Laponia, que la intensidad horizontal disminuye durante el período mas activo del fenómeno de la aurora boreal.»

(48) Pág. 140.—Delesse, *sobre la asociacion de los Minerales en las Racas que tienen potencia magnética elevada (Mem. de la Acad. de Ciencias*, t. XXXI, 1850, p. 806). Véase tambien *Anales de Minos*, 4.ª serie, t. XV, 1849, p. 130.

Digitized by Google

(49) Pag. 140.—Reich, *ueber Gebirgs-und Gesteins-Magnetismus*, en los *Annalen* de Poggendorff, t. LXXVII, p. 35.

(50) Pág. 141.—Esta cuestion se agitó principalmente en 1796, cuando yo desempeñaba las funciones de Director general de Minas en Franconia, y señalaba en el Fichtelgebirge, cerca de Gefress, las notables propiedades polares de la montaña de serpentina llamada Haidberg que, en ciertos puntos, influye en la declinacion de la aguja, á la distancia de 22 pies. (Véase *Intelligenz-Blatt der allgemeinen Jenaer Litteratur-Zeitung*, diciembre de 1796, núm. 169, p. 1447, y marzo de 1797, núm. 38, página 323-326; Gren's *neues Journal der Physik*, t. IV, 1797, p 136; *Anales de Quimica*, t. XXII, p. 47). Tenia yo creido que los polos magnéticos de la montaña estaban en sentido inverso de los polos terrestres, pero las investigaciones de Bischoff y de Goldfuss *(Beschreibung des Fichtelgebirges*, t. I, p. 196), al confirmar para el año de 1816 la existencia de ejes magnéticos que atraviesan el Haidberg y presentan polos contrarios en las vertientes opuestas de la montaña, probaron que la orientacion de los ejes era diferente de la que yo habia indicado. El Haidberg está formado de serpentina de un verde de puerro, una de cuyas partes se trasforma en clorita y anfíbol esquistosos. Nosotros hallamos cerca de la aldea de Voysaco, en los Andes de Pasto, guijarros de pórfiro arcilloso, y sobre el Chimborazo, grupos de traquito de figura de columnata, que, á 3 pies de distancia, ponian en movimiento á la aguja. Me sorprendió encontrar, en las obsidianas negras y rojas de Quincho, al norte de Quito, como en las obsidianas verdes del Cerro de las Navajas, en Méjico, gruesos fragmentos con polos claramente determinados. Todas las grandes montañas magnéticas del Ural, como el Blagodat, cerca de Kuschwa, la Missokaja Gora, junto á Nishne Tagilsk, el Katschkanar, próximo á Nishne Turinsk, han surgido del medio de un pórfiro augítico, ó mas bien uralítico. En la gran montaña magnética de Blagodat, que he visitado en 1829 con Rose, la accion comun de las diversas partes polarizantes no han producido al parecer eje magnético determinado. Los polos magnéticos están confusamente esparcidos, unos al lado de otros. Ya Erman habia hecho la misma observacion. *(Reise um die Erde*, t. I, página 362). Sobre la intensidad de la fuerza polar en la serpentina, el basalto y el traquito, comparada con la cantidad de las partes de hierro magnético y de óxido de hierro mezcladas á estas rocas, como tambien sobre el desarrollo de la polaridad por el contacto del aire, fenómeno ya observado por Gmelin y Gibbs, pueden consultarse los numerosos é importantes esperimentos de Zaddach, en sus *Beobachtungen über die magnetische Polarität des Basaltes und der trachytischen Gesteine*, 1851, p. 56, 65-78 y 95. Despues de haber comparado, en gran número de fragmentos basálticos, la polaridad de columnas mucho tiempo aisladas y de pare-

Digitized by Google

des de columnas puestas por primera vez en contacto con la atmósfera, y de haber despojado á algunas masas roquizas de la tierra que les rodeaba, empezando por las partes superiores, el Doctor Zaddach cree poder deducir (*id.* p. 74 y 80) que la propiedad polar, que parece siempre mas intensa al libre contacto de la atmósfera y en una roca surcada de quebraduras, se propaga habitualmente de fuera á dentro y de alto á bajo. Gmelin dice de la gran montaña magnética Ulu-utasse-Tau, en el país de los Baskiros, cerca del Jaik, que las partes espuestas á la luz tienen la mas fuerte intensidad magnética, y que las que están prendidas al suelo, ofrecen una fuerza mucho menor (*Reise durch Sibirien*, 1740-1743, t. IV, p. 345). Mi ilustre maestro Werner tambien se inclinó á la afirmativa, en sus lecciones, á propósito del hierro magnético de la Suecia, respecto de la influencia del contacto del aire, que seguramente hace mayor la polaridad y la atraccion por un procedimiento diferente del aumento de oxidacion. El coronel Gibbs se espresa en los términos siguientes, al tratar de la mina de imán situada cerca de Sucassuny en New-Jersey: «The ore raised from the bottom of the mine has no magnetism at first, but acquires it after it has been some time exposed to the influence of the atmosphére» (*on the Connexion of Magnetism and Light*, en el *American Journal of Science* de Silliman, t. I, 1819, p. 89). Semejante afirmacion engendra el deseo de comprobarla por medio de esperimentos exactos. Cuando he señalado el hecho de que no es solamente la calidad de las pequeñas partes de hierro mezcladas á las rocas, sino tambien su distribucion relativa la que obra como resultante, y determina la intensidad de la fuerza polar, he considerado estas pequeñas partes como otros tantos pequeños imanes. Puede consultarse sobre este asunto las nuevas ideas espuestas en una Memoria de Melloni, que este gran físico leyó en el mes de Enero de 1853, ante la Academia real de Nápoles (*Esperienze intorno al magnetismoa delle Rocche*, Mem. 1, *sulla polarità*). La preocupacion por tanto tiempo esparcida, particularmente por el mar Mediterráneo, de que el frotamiento de una barra de hierro imantada con una cebolla, ó con solo el aliento del que haya comido cebolla basta para debilitar la propiedad directriz del iman, y para desorientar al piloto, se encuentra ya mencionada en el comentario de Proclo sobre Tolomeo: *Procli Diadochi paraphrasis Ptolem. libri IV de Siderum affectionibus*, 1635, p. 20. Véase tambien Delambre, *Historia de la Astronomia antigua*, t. II, p. 545. Es difícil de adivinar el orígen de esta preocupacion popular.

(1) Pág. 143.—*Cosmos*, t. III, p. 34.

(2) Pág. 144.—*Id.*, t. I, p. 181-183.

(3) Pág. 145.—*Id.*, t. III, p. 38, 383 y 428.

Digitized by Google

(4) Pág. 146.—*Id.*, t. I, p. 191.

(5) Pág. 146.—*Id.*, p. 202 Véase Bertrand-Geslin, *sobre las rocas lanzadas por el volcan de cieno del Monte Zibio, cerca de Sassuolo*, en Humboldt, *Relacion histórica del Viage á las regiones equinociales del Nuevo-Continente*, t. III, p. 566.

(6) Pág. 147.—Mallet, en las *Transactions of the Royal Irish Academy*, t. XXI, 1848, p. 51-113; véase tambien del mismo: *First Report on the facts of Earthquake Phænomena*, en el *Report of the Meeting of the British Association for the advancement of Science, held in* 1850, p. 1-89, *Mauual of scientific Enquiry for the use of the British Navy*, 1849, p. 196-223. Se puede tambien consultar á Hopkins, *on the geological theories of Elevation and Earthquakes*, en el *Report of the British Assoc. for* 1847, p. 33-92. He utilizado frecuentemente la crítica severa á que Mallet ha sometido mi trabajo anterior en sus preciosas Memorias *(Irish Transact.*, p. 99-101, y *Meeting of the British Assoc. held at Edinb.*, p. 209).

(7) Pág. 147.—Young, *Lectures on Natural Philosophy*, 1807, t. I, p. 717.

(8) Pág. 148.—Me refiero en esto á la estadística de que el Corregidor de Tacunga me dió conocimiento en 1802. Segun estos datos, la pérdida se elevaba á 30 ó 34,000 hombres. Sin embargo, veinte años despues, poco mas ó menos, la cifra de las víctimas muertas en el acto se redujo á una tercera parte.

(9) Pág. 148.—*Cosmos*, t. I, p. 193.

(10) Pág. 150.—Hopkins, en el *Report of the Meeting of the British Assoc. in* 1847, p. 57, espresa algunas dudas relativamente al efecto producido en el «molten subjacent fluid confined into infernal lakes,» como Mallet las ha suscitado sobre: «the subteraneous lava tidal wave, moving the solid crust above it.» *(Meeting, in* 1850, p. 20). Poisson, con el cual he tratado frecuentemente de la hipótesis del flujo y reflujo subterráneos, considerados como efecto del Sol y la Luna, no negaba esta influencia, pero sí la juzgaba insignificante, porque la diferencia del nivel no es en plena mar mas que de 14 pulgadas. Ampere decia por el contrario: «Los que admiten la liquidez del núcleo interior de la Tierra parece que no han pensado bastante en la accion que ejerceria la Luna en esta enorme masa líquida: accion de que resultarian mareas análogas á las de nuestros mares, aunque mucho mas terribles, tanto por su estension como por la densidad del líquido. Es difícil de concebir, cómo la envuelta de la Tierra podria resistir, incesantemente batida por una especie de ariete hidráulico (?) de 1,400 leguas de longitud (Ampere, *Teoria de la Tierra*, en la

Digitized by Google

Revista de Ambos-Mundos, julio de 1833, p. 148). No puede dudarse de que el interior de la Tierra sea líquido, puesto que las moléculas permanec en móviles, á pesar de la presion enorme que soportan; pero entonces las mismas condiciones que producen el flujo y reflujo del Océano en la superficie de la Tierra se vuelven á encontrar en el interior, y la fuerza que causa el flujo, debe disminuir, á medida que se aproxima al centro, porque la diferencia de las distancias entre dos puntos opuestos, considerados con relacion á los astros que los atraen, disminuye á medida que la profundidad aumenta; luego la fuerza depende únicamente de la diferencia de las distancias. Si la corteza sólida de la Tierra resiste á la mutacion de la masa líquida, esta masa se limitará á ejercer cierta presion contra puntos determinados de la corteza terrestre. No habrá, segun las espresiones de mi amigo el astrónomo Brunnow, mas marea que si el Océano tuviera una cubierta de hielo que ningun esfuerzo pudiera romper. Se calcula el espesor de la corteza sólida de la Tierra segun el punto de fusion de las diversas especies de rocas y segun la ley que regula el aumento del calor, de la superficie en el interior del globo. He establecido ya en el primer tomo del *Cosmos* (p. 25 y 355), la probabilidad de que, á una profundidad de poco mas de 5 millas geográficas ($5\ ^4/_{10}$), se halle un calor capaz de fundir el granito. Beaumont, en su *Geologia* publicada por Vogt (1846, t. I, p. 32), representa con corta diferencia por el mismo número, 45,000 metros ó 6 millas geográficas, á 7,419 metros por milla, el espesor de la corteza sólida de la Tierra. Segun los ingeniosos esperimentos, tan importantes para el progreso de la Geologia, á que se dedicó Bischof, sobre la fusion de diferentes minerales, el espesor de las capas de la Tierra, no fundidas, seria de 115 á 128,000 pies ó, por término medio, de $5\ ^1/_3$ millas geográficas (véase Bischof, *Wärmelehre des Innern unseres Erdkœrpers*, p. 286 y 217). Mucho me admira que Hopkins, que adopta un límite determinado, y no una transicion gradual entre la parte sólida de la Tierra y las materias en fusion, llegue á la siguiente consecuencia: «The thickness of the solid shell cannot be less than about one fourth or one fifth (?) of the radius of its external surface.» *(Meeting of the Brit. Asocc. held at Oxford, in* 1847, p. 51). La primera suposicion de Cordier no pasaba, sin embargo, de 14 millas geográficas, sin la correccion necesaria por la presion de las capas que aumentan con la profundidad, y por las desigualdades hipsométricas de la superficie terrestre. El espesor de la parte sólida de la Tierra está probablemente lejos de ser siempre el mismo.

(11) Pág. 150.—Véase Gay-Lussac, *Reflexiones sobre los Volcanes. en los Anales de Quimica y de Fisica*, t. 22, 1823, p. 418 y 426. El autor, que ha observado con Buch y conmigo la gran erupcion de lava del Vesubio, en Setiembre de 1805. ha sometido las hipótesis químicas á una severa

Digitized by Google

crítica. Busca la causa de los fenómenos volcánicos en una «afinidad muy enérgica y no satisfecha aun entre las sustancias, á la que un contacto fortuito les permitia obedecer»; se muestra en general favorable á la abandonada hipótesis de Davy y de Ampere: «suponiendo que las radicales de la sílice; aluminio, cal y hierro estén unidas al cloro en el interior de la Tierra.» Admite tambien que, bajo ciertas condiciones, el agua del mar penetre en el interior del globo (p. 419, 420, 423 y 426). Se puede ver, respecto de las dificultades de una teoría fundada en la filtracion del agua, á Hopkins, en el *Meeting of* 1847, p. 38.

(12) Pág. 150.—Segun los análisis de Boussingault, en los bordes de cinco cráteres (Tolima, Puraz, Pasto, Tuqueras y Cumbal), las vapores que exhalan los volcanes de la América del Sur están completamente desprovistos de ácido hidroclórico, mientras que este existe en los vapores de los volcanes de Italia. Véase *Anales de Quimica*, t. 52, 1833, p. 7 y 23.

(13) Pág. 150.—*Cosmos*, t. I, p. 216. Davy, aun abandonando de la manera mas formal la opinion de que las erupciones volcánicas son causadas por el contacto de los metales alcalinos con el aire y el agua, admite, sin embargo, que la presencia de metaloides oxidables en el interior de la Tierra puede concurrir á determinar los fenómenos volcánicos que han comenzado ya á producirse.

(14) Pág. 151.—«Atribuyo, dice Boussingault, la mayor parte de los temblores de tierra en la Cordillera de los Andes á hundimientos que tienen lugar en el interior de estas montañas por el amontonamiento que se opera como consecuencia de su levantamiento. El espesor que constituye estas cimas gigantescas no se ha levantado en el estado pastoso, sino que dicho levantamiento ha tenido lugar despues de la solidificacion de las rocas. Admito, por consecuencia, que el relieve de los Andes se compone de fragmentos de todas dimensiones, encajados unos en otros. La consolidacion de los fragmentos no ha podido ser de tal manera estable, desde el principio, que no haya en ellos amontonamientos despues del levantamiento, que no haya allí movimientos interiores en las masas fragmentarias.» *(sobre los Temblores de tierra de los Andes*, en los *Anales de Quimica y de Fisica*, t. 58, 1835, p. 84-86). En la narracion de su memorable ascension al Chimborazo (16 de Diciembre de 1831), se leen estas palabras: «Como el Cotopaxi, el Antisana, el Tunguragua, y en general los volcanes que erizan las mesetas de los Andes, la masa del Chimborazo está formada por la acumulacion de restos traquíticos, amontonados sin órden alguno. Estos fragmentos, de un volúmen frecuentemente enorme, han sido levantados en el estado sólido por fluidos elásticos que se han abierto paso en los puntos de menor resistencia; sus angulos son siempre cortantes.» (*Id.*, p. 176; véase tambien Humboldt, *Miscelánea*

Digitized by Google

de Geologia y de Fisica general, t. I, 1854, p. 212). La causa de los temblores de tierra indicada aquí es la que Hopkins, en su teoría analítica de los fenómenos volcánicos, llama: «A shock produced by the falling of the roof of a subterranean cavity» (*Meeting of the Brit. Assoc. at Oxford*, 1847, p. 82).

(15) Pág. 151.—Mallet, *Dynamics of Earthquakes*, p. 74, 80 y 82; Hopkins, en *Meeting at Oxford*, p. 74-82. Todo lo que sabemos de las ondas de quebrantamiento y de las vibraciones en los cuerpos sólidos demuestra la imposibilidad de sostener las antiguas teorías sobre la propagacion del movimiento á través de una série de cavidades. Estas no pueden obrar sino de una manera secundaria en los temblores de tierra, es decir, como depósitos abiertos á los vapores y á los gases condensados. Gay-Lusac dice muy bien (*Anales de Química y de Física*, t. XXII, 1823, p. 428): «La Tierra, con tantos siglos de antigüedad, conserva aun una fuerza intestina, que levanta montañas (en la corteza oxidada), derriba ciudades, y agita la masa entera. La mayor parte de las montañas, al salir del seno de la Tierra, han debido dejar en ella vastas cavidades, que han quedado vacías, á menos que hayan sido ocupadas por el agua (y fluidos gaseosos). Sin razon Deluc y muchos geólogos se sirven de estos vacíos que imaginan prolongados en largas galerías, para propagar á lo lejos los temblores de tierra. Estos fenómenos, tan grandes y tan terribles, son efecto de ondas sonoras muy fuertes, escitadas en la masa sólida de la Tierra por una cierta conmocion, que se propaga allí con la misma velocidad que el sonido se propagaria. El movimiento de un carruaje sobre el empedrado conmueve los mas vastos edificios, y se comunica á través de masas considerables, como sucede en las canteras profundas bajo Paris.»

(16) Pág. 151.—Sobre los fenómenos de interferencia en las ondas de la Tierra, análogos á los que se producen en las ondas sonoras, véase Humboldt, *Cosmos*, t. I, p. 184, y *Misceláneas de Geología y de Física general*, t. I, 1854, p. 435.

(17) Pág. 151.—Mallet, *on vorticose shocks and cases of twisting*, en *Meeting of the Brit. Assoc. in* 1850, p. 33 y 49, y en el *Admiralty Manual*, p. 213. Véase tambien el *Cosmos*, t. I, p. 185.

(18) Pág. 152.—Boussingault ha visitado los conos de Moya, 19 años despues que yo. «Rara vez acontece que residiendo algunos años en los Andes, no se vean erupciones cenagosas, seguidas de temblores de tierra, como las de la Moya de Pelileo, que han sepultado aldeas enteras.» *Anales de Química y de Física*, t. LVIII, p. 81. Véase tambien *Cosmos*, t. I, p. 193.

Digitized by Google

(19) Pág. 153.—Puede consultarse, sobre traslacion de los edificios y plantaciones, que fué la consecuencia del temblor de tierra de la Calabria, á Lyell, *Principles of Geology*, t. I, p. 484-491. Respecto del medio de salvacion que han suministrado las quiebras en el gran temblor de tierra de Riobamba, véase Humboldt, *Relacion histórica*, t. II, p. 642. La cerradura de las quiebras está acreditada por el hecho de que, cuando el célebre temblor de tierra que tuvo lugar durante el estío de 1851, en la provincia napolitana de la Basilicata, cerca de Melfí, se halló, segun la narracion de Sacchi, una gallina cuyas dos patas estaban metidas en el suelo.

(20) Pág. 154.—*Cosmos*, t. I, p. 184. Hopkins ha demostrado recientemente que las quiebras producidas por los temblores de Tierra son un gran auxilio para el estudio de la formacion de los filones, y el fenómeno de la renovacion de un filon por otro de formacion mas reciente. Werner, en su *Theorie der Gänge*, publicada en 1791, ha establecido, mucho tiempo antes de Philips, las relaciones de edad entre la vena cambiada y la que la atraviesa. Véase tambien *Report of the Meeting of the Brit. Assoc. at Oxford*, 1847, p. 62.

(21) Pág. 155.—Véase sobre el sacudimiento simultáneo del calizo terciario de Cumana y de Maniquarez, despues del gran temblor de tierra que destruyó á Cumana, el 14 de diciembre de 1796, á Humboldt, *Relacion histórica*, t. I, p. 314; *Cosmos*, t. I, p. 191, y Mallet, en *Meeting of the Brit. Assoc. in* 1850, p. 28.

(22) Pág. 155.—Abich, *über Daghestan, Schagdagh und Ghilan*, en Poggendorff's *Annalen*, t. LXXVI, 1849, p. 157. Por consecuencia del temblor de tierra del 29 de julio de 1846, cuyo círculo de conmocion, que partió, á lo que se cree, de Saint Goar en el Rin, se sintió á grandes distancias, el agua salada que llevaba el fondo de un pozo artesiano situado cerca de Sassendorf en Westfalia, se aumentó, segun medida exacta, uno y medio por ciento, probablemente, porque se habian abierto nuevas fallas que dejaron paso á las aguas. Véase Nœggerath, *das Erdbeben im Rheingebiete vom 29 juli* 1846, p. 14. Segun observacion de Charpentier, la temperatura de la fuente sulfurosa de Lavey, sobre San Mauricio, á orillas del Ródano, subió de 31° á 36°,3, durante el temblor de tierra sufrido en Suiza, el 25 de agosto de 1851.

(23) Pág. 156 —En Schemacha, situada á la altura de 2,245 pies, una de las estaciones meteorológicas que el príncipe Woronzow ha hecho establecer en el Cáucaso bajo la direccion de Abich, el observador ha consignado en su Diario diez y ocho temblores de tierra, solo durante el año de 1848.

Digitized by Google

(24) Pág. 156.—Véase *Asia central*, t. I, p. 324-329; t. II, p. 108-120, y sobre todo mi mapa de las Montañas y Volcanes del Asia, comparado con los mapas geognósticos del Cáucaso y de la meseta de Armenia, publicados por Abich, y con el mapa del Asia menor de Tchihatchef, 1853. Véase tambien á Rose, *Reise nach dem Ural, Altai und kaspischen Meere*, t. II, p, 576 y 597. En otro tiempo escribí en el *Asia central*: «Del Turfan, situado en la pendiente meridional del Thian-schan, hasta el archipiélago de las Azores, hay 120° de longitnd; probablemente la faja de reacciones volcánicas mas larga y mas regular, que oscilando débilmente entre 38 y 40 grados de latitud, existe en la Tierra; sobrepuja con mucho en estension á la faja volcánica de la Cordillera de los Andes en la América meridional. Insisto tanto mas sobre este singular *alineamiento* de aristas, de levantamientos, de quiebras y de propagaciones de conmociones, que comprende una tercera parte de la circunferencia de un *paralelo al ecuador*, cuanto que pequeños accidentes de la superficie, la desigual altura y la estension de las arrugas ó agitaciones lineales, como la interrupcion causada por las cuencas de los mares (concavidad Aralo Caspiana, Mediterránea y Atlántica), tienden á señalar los grandes rasgos de la constitucion geológica del globo. Este arriesgado trazo de una línea de conmocion regularmente prolongada no escluye en ningun modo otras líneas segun las cuales los movimientos pueden propagarse igualmente.» Como la ciudad de Khotan y el pais que se halla al S. de Thian-schan han sido los mas antiguos y los mas célebres centros del budhismo, la literatura búdhica se ha ocupado desde luegoo y muy sériamente de las causas de los temblores de tierra (véase *Foe-kue-ki* ó *Relacion de los reinos budhicos*, trad. de Rémusat, p. 217), Los partidarios del Sâkhyamuni señalan ocho, entre las cuales una rueda de acero, de la que están suspendidas unas reliquias (*s'artra*, palabra sanscrita que significa *cuerpo*), juega el principal papel.—Una esplicacion mecánica para un fenómeno dinámico no es mas falta de razon que varios de nuestros mitos geológicos y magnéticos á que no se ha renunciado hasta bien tarde. Segun observacion de Klaproth, los Religiosos, y principalmente los monjes mendicantes (Bhikchus) han debido tener poder para hacer que tiemble la Tierra y poner en movimiento la rueda subterránea. Los viajes de Fahian, autor del *Foe-kue-ki*, datan de principios del siglo quinto.

(25) Pág. 156.—Curtius, *Peloponnesos*, t. I, p. 42-46.

(26) Pág. 156.—Lydus, *de Ostentis*, c. 54, p. 189, ed. Hase.

(27) Pág. 156.—*Cosmos*, t. III, p. 578,

(28) Pág. 156.—Aristóteles, *Meteorologica*, t. II, p. 368.

Digitized by Google

(29) Pág. 157.—Letronne, *la Estatua vocal de Memnon*, 1833, p. 23-27 y 255.

(30) Pág. 157.—Vease Acosta, *Viajes científicos á los Andes ecuatoriales*, 1849, p. 56.

(31) Pág. 157.—Véase Humboldt, *Cosmos*, t. I, p. 186-188 y 407 y *Relacion histórica*, t. IV, c. 14, p. 31-38. Hállanse en *Report of the Meeting of the British Assoc. in* 1850, p. 41-46, y en *Admiralty Manual*, 1849, p. 201 y 217, consideraciones teóricas muy profundas de Mallet sobre las ondas sonoras á través de la tierra y sobre las ondas sonoras en el aire. Ciertos animales, bajo los trópicos, sienten antes que el hombre las mas ligeras conmociones del suelo; son estos, segun yo mismo he visto: las gallinas, los cochinos, los perros, los asnos y los cocodrilos (Caimanes). Los cocodrilos abandonan instáneamente el lecho de los rios.

(32) Pág. 158.—*Cosmos*, t. I, p.188 y 407.

(33) Pág. 159.—Véase Schmidt, en Nœggerrath, *ueber das Erdbeben vom* 29 *Juli* 1846, p. 28-37. Con la velocidad del temblor de tierra de Lisboa, tal como está indicado en el testo, podria darse la vuelta al ecuador en 45 horas próximamente. Michell (*Philos. Transact.*, t. LI, 2.ª parte, p. 572), solo halló para el temblor de tierra del 1.º de noviembre de 1755, 50 millas inglesas por minuto, es decir 4,170 pies de Paris por segundo, en lugar de 7,464. Es probable que estas diferencias dependan de la inexactitud de las observaciones antiguas y de la diferencia de las vias porque se ha propagado la conmocion. Un pasaje de Proclo, en su Comentario sobre el *Cratilo* de Platon, aclara de una manera notable la relacion que se suponia existir entre Neptuno y los sacudimientos subterráneos (*Cosmos*, t. IV, p. 159): «Entre las tres divinidades, la divinidad intermediaria, Poseidon, es causa de movimiento para todo, aun para lo que es inmóvil. Como principio de movimiento, se llama Ἐννοσίγαιος. A él ha correspondido el medio, es decir la mar movible, cuando los dioses sortearon el imperio de Kronos. Véase Creuzer, *Symbolik una Mythologie*, t. III, 1842, p. 260. La Atlántida de Solon y la Lictonia que, segun conjeturo, tiene gran relacion con esta comarca, no representa sino mitos geológicos; además estos dos paises, aniquilados por los temblores de tierra, se consideran como sometidos á la dominacion de Neptuno y opuestos á los continentes de Saturno. Segun Herodoto (l. II, c. 43 y 50), Neptuno era una divinidad de la Libia, desconocida en Egipto. Sobre estas relaciones diversas, sobre la desaparicion del lago Tritonis en la Libia, destruido por un temblor de tierra, y sobre la creencia en la rareza en los sacudimientos subterráneos en el

Digitized by Google

valle del Nilo, véase mi *Exámen crítico de la Geografía del Nuevo Continente*, t. I, p. 171 y 179.

(34) Pág. 161.—Las esplosiones del Sangay ó volcan de Macas se sucedian por término medio cada 13'',4 (véase Wisse, en las *Memorias de la Academia de Ciencias*, t. XXXIV, 1853, p. 720). Habria podido citar tambien como ejemplo de conmociones circunscritas á un pequeño espacio, la Narracion del conde Larderel sobre los *Lagoni* de Toscana. Los vapores que contienen boro ó ácido borico anuncian su presencia y su inminente erupcion á través de las quebraduras, sacudiendo las rocas cercanas. Véase la Memoria de Larderel, *sobre los Establecimientos industriales de la produccion de ácido borácico en Toscana*, 1852, p. 15.

(35) Pág. 162.—Me felicito de poder citar, en apoyo de lo que he tratado de desenvolver en el testo, una autoridad respetable. «En los Andes, dice Boussingault (*Anales de Química y de Física*, t. LVIII, 1835, p. 83), la oscilacion del suelo, debida á una erupcion de volcanes, es, por decirlo así, local, mientras que el temblor de tierra, que en apariencia al menos, no está ligado á erupcion alguna volcánica, se propaga á distancias increibles. En este caso, háse observado que las sacudidas seguian con preferencia la direccion de las cordilleras, y se han sentido principalmente en los terrenos alpinos. La frecuencia de los movimientos en el suelo de los Andes, y la poca coincidencia que se nota entre estos movimientos y las erupciones volcánicas, deben necesariamente hacer presumir que *en la mayor parte de los casos*, los produce una causa *independiente de los volcanes.*»

(36) Pág. 163.—La série de los grandes acontecimientos naturales que han tenido lugar en los años de 1796 y 1797, 1811 y 1812, es la siguiente:

27 de setiembre de 1796: Erupcion del volcan de la Guadalupe, en las pequeñas Antillas, despues de un reposo de muchos años.

Noviembre de 1796: El volcan situado en la meseta de Pasto, entre los rios Guaytara y Juanambu, se enciende y comienza á humear sin interrupcion.

14 de diciembre de 1796: Temblor de tierra y destruccion de la ciudad de Cumana.

4 de febrero de 1797: Temblor de tierra y destruccion de Riobamba. En la misma mañana, desapareció para siempre la columna de humo del volcan de Pasto, situado á 48 millas geográficas de Riobamba, sin que ninguna conmocion se sintiera en los alrededores del volcan.

30 de enero de 1811: Primera aparicion de la isla Sabrina en el grupo de las Azores, cerca de la isla de San Miguel. El levantamiento de esta isla, como el de la isleta Kameni (Santorin) y el del volcan del Jorullo, precedió á la erupcion inflamada. Despues de una erupcion de

Digitized by Google

escorias que duró 6 dias, la isla se elevó á 300 pies sobre el mar. Era esta la tercera vez que reaparecia á intervalos de 91 á 92 años, y siempre cerca del mismo lugar.

Mayo de 1811: Mas de 200 sacudidas subterráneas en la isla de San Vicente, hasta el mes de abril de 1812.

Diciembre de 1811: Innumerables sacudidas subterráneas en los valles del Ohio, del Misisipí y del Arcansas hasta 1813. Entre Neu-Madrid, Little-Prairie y la Salina al N. de Cincinati, los temblores de tierra se sucedieron casi á cada hora, durante muchos meses.

Diciembre de 1811: Sacudida aislada en Caracas.

26 de marzo de 1812: Temblor de tierra y destruccion de la ciudad de Caracas. El círculo de conmocion se estendió hasta mas allá de Santa Marta, de la ciudad de Honda y de la alta llanura de Bogotá, á 135 millas de Caracas. El movimiento duró hasta mediados del año 1813.

30 de abril de 1812 : Erupcion del volcan de S. Vicente. El mismo dia, á las 2 de la mañana, se sintió gran ruido subterráneo, semejante á una descarga de artillería, que resonó con la misma intensidad en las costas de Caracas, en los Llanos de Calabozo y del Rio Apures, sin ir acompañado de ningun sacudimiento subterráneo Este ruido se oyó igualmente en la isla de San Vicente; siendo muy notable que pareciera mas fuerte á alguna distancia sobre el mar.

(37) Pág. 166.—Humboldt, *Viaje á las regiones equinocciales*, t. II, p. 376.

(38) Pag. 166.—A fin de que se pueda comparar la temperatura de las fuentes, bajo los trópicos, en el momento en que surjen de las capas de la Tierra, con la de los rios que corren á cielo descubierto, extracto de mis Diarios de Viaje los números medios que siguen:

Rio Apures: latitud 7°,45′; temperatura 27°,2.

Orinoco: latitud entre 4 y 8grados; temperatura 27°,5 á 29°,6.

Fuentes que en el bosque surjen de rocas de granito, cerca de la catarata de Maypures, 27°,8.

Cassiquiara, brazo del Orinoco superior que forma la union con el rio de las Amazonas: 24°,3 solamente.

Rio Negro, sobre San Cárlos: latitud boreal 1°,53′ todo lo mas; temperatura 23°,8 solamente.

Rio Atabapo: latitud 3°,50′; temperatura 26°,2.

Orinoco, cerca del sitio donde recibe el Atabapo: 27°,8.

Rio Grande de la Magdalena: latitud de 5°,12′ á 9°,56′, temperatura 26°,6.

Rio de las Amazonas, en frente del Pongo de Rentema, en la provincia de Jaen de Bracamoros : latitud austral, 5° 31′; altura sobre el mar del Sur, unos 1 200 pies; temperatura, 22°,5 solamente.

Digitized by Google

La temperatura de la gran masa de agua del Orinoco se aproxima por consecuencia á la temperatura media del aire circundante. Al inundar á lo lejos las sábanas, sus aguas amarillentas, que exhalan el olor del hidrógeno sulfurado, se calientan hasta 38°,8; esta temperatura es la que hallé en la Lagartera, llena de cocodrilos, que se encuentra al E. de Guayaquil. El suelo, cubierto por las aguas, recibe, como en los rios poco profundos, el calor que irradia del Sol.—Sobre las diversas causas que mantienen la temperatura mas baja en las aguas del Rio Negro, coloreadas, al reflejo de la luz, del tinte oscuro del café, y en las aguas blancas del Cassiquiara, cuyas causas son: un cielo siempre cubierto, lluvias abundantes, los vapores que exhalan espesos bosques, la falta de llanuras de arena ardiente en las orillas, véase mi *Relacion histórica*, t. II, p. 463 y 509. He observado que la temperatura del Rio Guancabamba ó Chamaya, que desemboca en el de las Amazonas, cerca del Pongo de Rentema, no pasaba de 19°,8, lo cual proviene de que las aguas descienden con grandísima rapidez del lago de Simicocha, situado á gran altura sobre la Cordillera. Durante los 52 dias que he empleado en subir el rio de la Magdalena, desde Mahates hasta Honda, he reconocido claramente, despues de observaciones reiteradas, que la elevacion de la superficie del agua se anuncia muchas horas antes por el descenso de la temperatura del rio. El enfriamiento se opera antes que las aguas frias de las montañas bajen de los Páramos vecinos. El calor y el agua se mueven, por decirlo así, en sentido opuesto, y con velocidad muy desigual. Cuando vimos cerca de Badillas, subir el nivel de las aguas de improviso, la temperatura habia descendido mucho tiempo antes de 27° á 23°,5. Durante la noche, cuando se ha acampado con los bagajes en una isla de arena poco elevada, ó á orillas del rio, una crecida súbita (avenida) puede ser peligrosa; conviene estar prevenido á tiempo por algun signo precursor.—Creo deber recordar que siempre que lo contrario no se especifique, los grados de temperatura indicados en esta obra son los del termómetro centígrado.

(39) Pág. 166.—Véase Buch, *Physicalische Beschreibüng der Canarischen Inseln*, p. 8; Poggendorff's, *Annalen*, t. XII, p. 403; *Biblioteca británica* (ciencias y artes), t. XIX, 1802, p. 263; Wahlenberg, *de Veget. et Clim. in Helvetia septentrionali observatis*, p. LXXVIII et LXXXIV, y *Flora Carpathica*, p. XCIV, y en Gilbert's *Annalen*, t. XLI, p. 115; Humboldt, en las *Memorias de la Sociedad de Arcueil*, t. III, 1817, p. 509; véase tambien *Misceláneas de Geologia y de Fisica general*, t. I, p. 305 y siguientes.

(40) Pág. 166.—Véase de Gasparin, en la *Biblioteca universal* (ciencias y artes), t. XXXVIII, 1828, p. 54, 113 y 264; *Memorias de la So-*

Digitized by Google

ciedad central de Agricultura, 1826, p, 178; Schouw, *Cuadro del clima y de la vegetacion de Italia*, t. I, 1839, p. 133-195; Thurmann, *sobre la Temperatura de las fuentes del Jura, comparada con la de las fuentes de la llanura suiza de los Alpes y los Vosgos*, en el *Anuario meteorológ. de Francia*, 1850, p. 258-268.—Gasparin divide la Europa, bajo el respecto de la frecuencia de las lluvias de estío y de otoño, en dos regiones. Se hallarán numerosos materiales sobre este asunto en Kaemtz, *Lehrbuch der Meteorologie*, t. I, p. 448-506 y en el cap. III de la traduc. franc. Segun Dove (Poggendorff's *Annalen*, t. XXXV, p. 376), los máximos de las curvas de la mayor cantidad de lluvia mensual caen, en Italia, en los meses de marzo y de noviembre en los lugares resguardados al N. por una cordillera; en abril y en octubre en los que tienen por el contrario las montañas al S. Puede resumirse asi, de una manera general, el conjunto de las relaciones meteorológicas concernientes á la lluvia en la zona templada. El periodo de las lluvias de invierno en la region intertropical se separa mas y mas, á medida que nos alejamos de esta zona, en dos máximos ligados entre sí por lluvias menos abundantes, y que se reunen de nuevo en Alemania, para formar un máximum de estío, de donde resulta que en esta comarca el período sin lluvia cesa completamente de existir. Véase á este respecto el capítulo *Geothermik*, en la escelente obra de Naumann: *Lehrbuch der Geognosie*, t. I, 1850, p, 41-73.

(41) Pág. 167.—*Cosmos*, t. IV, p. 42.

(42) Pág. 169.—*Cosmos*, t. I, p. 158 y 394 (39), t. IV, p. 38.

(43) Pág. 169.—*Cosmos*, t. IV, p. 35.

(44) Pag. 170.—Mina de Guadalupe, una de las *Minas de Chota*, *idem*, pág. 47.

(45) Pág. 170.—Humboldt, *Cuadros de la naturaleza*, t. II, p. 213, de la traduccion francesa publicada por Gide.

(46) Pág. 170.—Esta mina se halla situada sobre el gran Fleuss, en el Moll-Thal de los montes Tauern. Véase Hermann y Schlagintweit: *Untersuch ueber die physicalische Geographie der Alpen*, 1850, p. 242-273.

(47) Pág. 171.—Hermann y Schlagintweit: *Monte-Rosa*, 1853, c. VI, p. 212-225.

(48) Pág. 173.—Humboldt, *Misceláneas de Geolog. y de Fisica general*, t. I, p. 156 y siguientes de la traduccion francesa.

(49) Pág. 173.—*Id.*, p. 159 y 215,

(50) Pág. 175.—No puedo participar en este punto de la opinion de un

Digitized by Google

físico amigo mio, autor de escelentes trabajos sobre la distribucion del calor terrestre. Véase sobre las causas que producen los manantiales calientes de Louéche y de Warmbrunn, Bischof, *Lehrbuch der chemischen und physicalischen Geologie*, t, I, p. 127-133.

(51) Pág. 176.—Sobre este pasaje hallado por Dureau de la Malle, véase el *Cosmos*, t. I, p.201, 202 y 413(nota 9): «Est autem, dice san Patricio, et supra firmamentum cœli et *subter* terram ignis atque aqua, et quæ supraterram est aqua, coacta in unum, appellationem marium; quæ vero intra, abyssorum suscepit; ex quibus ad generis humani usus in terram velut siphones quidam emittuntur et scatnriunt. Ex iisdem quoque et thermæ existunt; quarum quæ ab igne absunt longius, provida boni Dei erga nos mente, *frigidiores*; quæ vero *propius* admodum, *ferventes* fluunt. In quibusdam etiam locis et tepidæ aquæ reperiuntur, prout majore ab igne intervallo sunt disjunctæ.» *(Acta primorum Martyrum, opera et studio Theodorici Ruinart, Amstelodami*, 1713, p. 555. Segun otra narracion (*A. S, Mazochii in vetus marmoreum sanctæ Neapolitanæ Eclesiæ Kalendarium Commentarius*, t. II, Neapoli, 1744, p. 385), S. Patricio desenvolvia con corta diferencia la misma teoría del calor de la Tierra delante de Julius Consularis; pero al fin del discurso, *el infierno frio* está con mas claridad designado: «Nam quæ longius ab igne subterraneo absunt, Dei optimi providentia, frigidiores erumpunt. At quæ propiores igni sunt, ab eo fervefactæ, intolerabili calore præditæ promuntur foras. Sunt et alicubi tepidæ, quippe non parum sed longiuscule ab eo igne remotæ, Atqui ille infernus ignis impiarum est animarum carnificina; non secus ac subterraneus frigidissimus gurges, inglaciei glebas concretus, qui Tartarus nuncupatur.» El nombre árabe *hammân el-enf* significa «baños de nariz,» y está sacado, como Temple hizo ya observar, de la forma de un promontorio cercano, no del influjo sanitario que sus aguas termales ejercen en las enfermedades de la nariz. Las palabras árabes han sido alteradas diversamente; indistintamente se las ha interpretado de este modo: *hammam el Enf* ó *Lif*, *Emmamelif* (Peyssonel); *la Mamelif* (Desfontaines). Gumprecht, *die Mineralquellen auf dem Festlande von Africa*, 1851, p. 140-144.

(52) Pág. 177.—Humboldt, *Ensayo político sobre la Nueva-España*, segunda edic., t. III, 1827, p. 190.

(53) Pág. 177.—*Relacion histórica del viaje á las regiones equinocciales*, t. II, p. 98; *Cosmos*, t. I, p. 199 y 200. Los manantiales calientes de Carlsbad deben igualmente su orígen al granito. Véase Buch, en Poggendorff's *Annalen*, t. XII, p. 416. Exactamente sucede en dichos manantiales lo que en los de Momay que surgen de cerca de Changokhang, en el Tibet, á 15 000 pies sobre el nivel del mar, con una temperatura de 46°, y que ha visitado Hooker (*Himalayan Journals*, t. II, p. 133.

Digitized by Google

(54) Pág. 177.—Boussingault, *Consideraciones sobre las Aguas termales de las Cordilleras*, en los *Anales de Quimica y de Fisica*, t. 52, 1833, páginas 188-190.

(55) Pág. 178.—Newbold, *on the temperature of the wells and rivers in India and Egypt*. en las *Philosoph. Transactions for* 1845, 1.ª part. p. 127.

(56) Pág. 179.—Véase Sartorius von Waltershausen, *Physisch-geographische Skizze von Island, mit besonderer Rucksicht auf vulkanische Erscheinungen*, 1847, p. 128-132: Bunsen y Descloiseaux, en las *Memorias de la Academia de Ciencias*, t. XXIII, 1846, p. 935; Bunsen, en los *Annalen der Chemie und Pharmacie*, t. LXII, 1847, p. 27-45. Lottin y Robert habian observado ya que la temperatura del saltador de agua del Geyser disminuye de abajo arriba. Uno de los cuarenta manantiales silíceos que surgen del suelo, en los alrededores del gran Geyser y de Strokkr, se llama el pequeño Geyser. Su saltador no se eleva mas de 20 á 30 pies. La palabra *kochbrunnen* (fuente abrasadora) está formada por analogia de la palabra *geyser*, que probablemente se refiere á la palabra *giosa* (cocer). Segun la narracion de Csoma de Kœrœs, hállase tambien en la meseta del Tibet, cerca del lago alpino Mapham, un geyser, cuyo saltador es de 12 pies.

(57) Pág. 179.—De 1 000 partes de agua de las fuentes de Gastein, Trommsdorf no halló mas que 0,303 de resíduo; Lœwig, en las de Pfeffers, 0,291; Longchamp, en las de Luxeuil, solo 0,236; mientras que en 1 000 partes del agua de fuente ordinaria de Berna, se cuenta 0,478; en las aguas de Carlsbad, 5,459, en Wicsbade, hasta 7,454. Véase Studer, *Physikal Geographie und Geologie*, 2.ª edicion, 1847, c. I, p. 92.

(58) Pág. 180.—Las aguas calientes que brotan del *granito* de la Cordillera del litoral de Venezuela son *casi puras*, y no encierran mas que una pequeña cantidad de *silice* en disolucion, y gas ácido hidrosulfúrico, mezclado con un poco de *gas ázoe*. Su composicion es idéntica á la que resultaria de la accion del agua sobre el sulfato de silicio (*Anales de Quimica y de Fisica*, t. LII, 1833, p. 189). Sobre la gran cantidad de ázoe mezclado en el manantial caliente de Orense, que señala 68°, véase María Rubio, *Tratado de las fuentes minerales de España*, 1853, p. 331.

(59) Pág. 180.—Sartorius de Waltershausen, *Skizze von Island*, página 125.

(60) Pag. 180.—El sábio químico Morechini, de Roma, habia evaluado en 0,40 el oxígeno contenido en el manantial de Nocera, situado á

Digitized by Google

2 100 pies sobre el nivel del mar; Gay-Lussac no halló el 26 de setiembre de 1805, sino 0,299. Juntos encontramos, en las aguas pluviales, 0,31 de oxígeno. Sobre el ázoe, mezclado con las aguas aciduladas de Néris y de Bourbon-l' Archambault, pueden consultarse los trabajos de Anglade y de Longchamp (1834); y sobre las exhalaciones de ácido carbónico en general, las escelentes investigaciones de Bischof, en su *Chemische Geologie*, t. I, p. 243-350.

(61) Pág. 181.—Véase Bunsen, en Poggendorff's *Annalen*, t. LXXXIII, p. 257; Bischof, *Geologia*, t. I, p. 271.

(62) Pág. 181.—Véase el Exámen de las Fuentes sulfurosas de Aquisgram, por Liebig y Bunsen, inserto en los *Annalen der Chemie und Pharmacie* (t. 79, 1851, p. 101). En los análisis químicos de fuentes minerales que contienen súlfuro de sódio, se denuncia frecuentemente carbonato de sosa é hidrógeno sulfurado, cuando en realidad se encuentra allí un escedente de ácido carbónico.

(63) Pág. 181.—Una de estas cascadas se halla representada en mis *Vistas de las Cordilleras* (lám. 30). Sobre el análisis de las aguas del Rio Vinagre, véase Boussingault, en los *Anales de Química y de Física*, 2.ª série, t. LII, 1833, p. 397, y Dumas, *id.*, 3.ª série, t. XVIII, 1846, p. 503. Se encontrarán detalles sobre la fuente que sale del Páramo de Ruiz, en Joaquin Acosta, *Viajes científicos á los Andes ecuatoriales*, 1849, p. 89.

(64) Pág. 182.—Los ejemplos de cambios de temperatura sobrevevenidos en las termas de Mariara y de las Trincheras motivan el problema de si las aguas del Styx, cuya fuente casi inaccesible está escondida en Arcadia, en la comarca salvaje de los montes Aroanianos, cerca de Nonakris, en el territorio de Feneos, han perdido algo de su propiedad nociva por cambios sobrevenidos en las quiebras subterráneas que les servian de conductos, ó si eran funestas á los viajeros únicamente de tiempo en tiempo, y por razon de su frio glacial, Quizá no deben su mala reputacion, conservada hasta entre los actuales habitantes de la Arcadia, sino á la horrible soledad del país, y al mito segun el cual traian dichas aguas orígen del Tártaro. El jóven y sábio filólogo Schwab, ha llegado con mucho trabajo, hace algunos años, hasta la roca á pico de donde la fuente cae gota á gota, absolutamente igual hoy á como la representan Homero, Hesiodo y Herodoto, habiendo bebido de esta agua escesivamente fria, pero de gusto muy puro, sin sentir el menor malestar. Véase Schwab, *Arkadien, seine Natur und Geschichte*, 1852. p. 15-20. Asegurábase, en la antigüedad, que el frio de las aguas del Styx quebraba todos los vasos, y que no podian estar contenidas mas que en cascos de asno. Cierto es que las leyendas del Styx se remontan á una

Digitized by Google

gran antigüedad; pero el rumor de sus cualidades venenosas solo en tiempo de Aristóteles aparece esparcido generalmente. Segun el testimonio de Antígono de Carysto (*Hist. Mirab.* § 174), fueron descritas detalladamente en un libro de Teofrasto, que no ha llegado hasta nosotros. Plutarco y Arriano han refutado la calumnia del envenenamiento de Alejandro con agua de Styx, que Aristóteles habia hecho llegar á Casandro por medio de Antipater, fábula esparcida por Vitruvio, Justino y Quinto-Curcio, sin que el Estagirita aparezca nombrado. Véase Stahr, *Aristotelia*, 1.ª parte, 1830, p. 137-140. Plinio (l. XXX, c. 53) dice en términos algo ambíguos: «Magna Aristotelis infamia escogitum.» Véase Curtius; *Peloponnesos*, 1851, t. I, p. 194-196 y 212; Saint-Croix, *Exámen crítico de los antiguos historiadores de Alejandro*, p. 496. La obra de Fiedler (*Reise durch Griechenland*, t. I, p. 400) contiene un dibujo que representa la cascada del Styx, vista á lo lejos.

(65) Pág. 183.—«Parajes metalíferos muy importantes, los mas numerosos quizá, se han formado al parecer por via de disolucion, y los filones concrecionados no son sino inmensas canales mas ó menos obstruidas, recorridas en otro tiempo por aguas termales incrustantes. La composicion de muchos minerales que se encuentran en aquellos sitios, no supone siempre condiciones ó agentes distintos de las *causas actuales*. Los dos elementos principales de las fuentes termales mas estendidas, los súlfuros y los carbonatos alcalinos, me han bastado para reproducir artificialmente, por medio de síntesis muy simples, veinte y nueve especies minerales distintas, casi todas cristalizadas, pertenecientes á los metales nativos (plata, cobre y arsénico nativos); al cuarzo, al hierro oligisto, al hierro, niquel, zinc y manganeso carbonatado; al sulfato de barita, á la pirita, malaquita, pirita cobriza; al cobre sulfurado, á la plata roja, arsenical y antimonial... Nos aproximamos lo mas posible á los procedimientos de la naturaleza, cuando llegamos á reproducir los minerales en sus condiciones de natural asociacion, por medio de los agentes químicos mas esparcidos, é imitando los fenómenos que vemos todavía realizarse en los focos donde la creacion mineral ha concentrado los restos de la actividad que desplegaba otras veces con mayor energía.» (Senarmont, *sobre la formacion de los minerales por la via húmeda*, en los *Anales de Química y de Física*, 3.ª série, t. XXXII, 1851, p. 234). Véase tambien Beaumont, *sobre las emanaciones volcánicas y metalíferas*, en el *Boletin de la Sociedad geológica de Francia*, 2.ª série, t. XV, p. 129.

(66) Pág. 183.—Para determinar la diferencia que existe entre la temperatura media de las fuentes y la del aire, el doctor Hallmann ha observado en Marienberg, cerca de Boppard, sobre el Rin, la temperatura del aire, la altura de las lluvias y la temperatura de siete fuentes distin-

Digitized by Google

tas. Sus observaciones, que duraron cinco años, desde 1.° de diciembre de 1845 al 30 de noviembre de 1850, han venido á ser la base de un nuevo trabajo sobre las relaciones termométricas de las fuentes. «Las fuentes cuya temperatura es absolutamente constante, es decir, las fuentes puramente geológicas, no están comprendidas en él, solo abraza todas aquellas que esperimentan algun cambio de temperatura en el curso del año.

Las fuentes de temperatura variable se dividen en dos grupos naturales:

1.° Las fuentes puramente meteorológicas, es decir, aquellas en que puede probarse que la temperatura media no se aumenta por el calor de la Tierra. La diferencia de la temperatura media de estas fuentes con la del aire depende del modo con que están repartidas las lluvias en los doce meses del año. Si la lluvia que cae durante los cuatro meses frios, desde diciembre hasta marzo, escede un tercio (33 $^1/_3$ por 100) de la cantidad de lluvia anual, la temperatura media de las fuentes meteorológicas es menos elevada que la del aire. Si, por el contrario, cae en los cuatro meses cálidos, de julio á octubre, mas de un tercio de la lluvia anual, la temperatura media de estas fuentes será superior á la del aire. La diferencia en mas ó en menos entre la temperatura media de las fuentes y la del aire será tanto mayor cuanto mayor tambien sea el escedente de lluvia en los cuatro meses de calor ó en los cuatro meses de frio. Se llaman fuentes meteorológicas de *media exacta* aquellas cuya temperatura media, comparada con la del aire, da una diferencia normal, es decir, la mayor posible, segun la cantidad de lluvia anual; aquellas, por el contrario, en que esta diferencia se aminora por la influencia perturbadora de la temperatura atmosférica, durante las partes del año que pasan sin lluvia, se denominan puramente meteorológicas de *media aproximada*. La operacion por la cual se mide la temperatura de las aguas á la estremidad del conducto que las lleva, ó el espacio que recorren por la superficie de la tierra y la delgadez de sus hilos son las circunstancias en cuya virtud la temperatura media de las fuentes y la del aire se aproximan. La diferencia entre esta temperatura de las fuentes y del aire es la misma en el curso de un año para todas las puramente meteorológicas, pero menor en las fuentes de media aproximada que en las fuentes de media exacta; siendo tanto menor cuanto mayor ha sido la influencia perturbadora del calor atmosférico. Entre las fuentes de Marienberg, cuatro pertenecen al grupo de las fuentes puramente meteorológicas: una de ellas tiene una temperatura media exacta; las otras tres tienen temperaturas medias aproximadas en diversos grados. Durante los doce primeros meses de observaciones, hubo esceso de lluvia en el tercio frio del año, y las cuatro fuentes fueron por término medio mas frias que el aire. Por el contrario, en todos los siguientes, las lluvias se presentaron rela-

Digitized by Google

tivamente mas abundantes en el tercio mas cálido del año, y las temperaturas medias anuales de las cuatro fuentes se hallaron mas elevadas que la del aire. La diferencia en mas era tanto mayor cuanto mayor era tambien el esceso de las lluvias.

La exactitud de la opinion emitida por Buch en 1852, de que la diferencia entre la temperatura media de las fuentes y la del aire depende de la distribucion de las lluvias en el curso del año, se demostró por las observaciones de Hallmann, al menos por las que hizo en Marienberg en la grauwaca del Rin. Las fuentes puramente meteorológicas de temperatura media exacta solo tienen valor para la climatologia científica. Interesa buscar estas fuentes por todas partes, y distinguir las de un lado, de las fuentes puramente meteorológicas de temperatura media aproximada; de otro, de las fuentes meteorológico-geológicas.

2.° Fuentes meteorológico-geológicas, es decir, fuentes en cuya temperatura se puede reconocer la influencia que produce el calor de la Tierra. La temperatura media anual de estas fuentes es siempre mas elevada que la del aire, sea cual fuere la distribucion de las lluvias. Los cambios de temperatura que esperimentan en el curso de un año los causa el terreno que atraviesan. La cantidad en que la temperatura media de una fuente meteorológico-geológica escede á la del aire depende de la profundidad á que han descendido las aguas meteorológicas en el interior siempre templado de la tierra, antes de reaparecer bajo la forma de fuente. Esta diferencia carece, por consiguiente, de todo interés climatológico. Es importante, sin embargo, para el meteorólogo conocer estas fuentes, para no confundirlas con las puramente meteorológicas. La temperatura de las fuentes meteorológico-geológicas puede tambien aproximarse á la media del aire por los conductos que la llevan al punto en que su calor está medido. Las fuentes han sido examinadas en dias fijos, cuatro ó cinco veces por mes, y se ha tomado cuidadosamente en consideracion la altura sobre el nivel del mar del paraje donde se medía la temperatura atmosférica, y la altura de cada una de las fuentes.»

Despues de haber comparado y discutido sus observaciones sobre las fuentes de Marienberg, el doctor Hallmann fue á pasar el invierno de 1852 á 1853 en Italia, donde halló en los Apeninos, al lado de las fuentes ordinarias, fuentes de un frio anormal, como llama á las que traen manifiestamente el frio de los puntos mas elevados. Estas fuentes pueden considerarse como derramamientos subterráneos de lagos situados en alto y espuestos al aire libre, ó bien como grandes masas de agua subterráneas que se precipitan con gran velocidad, á través de las fisuras y las quiebras, para salir violentamente bajo la forma de fuente del pie de las montañas. Es necesario, pues, entender por fuentes de frio anormal, las demasiado frias para la altura á que se abren paso, ó, si se quiere precisar mas estas relaciones, las que brotan de un sitio de la montaña muy

Digitized by Google

poco elevado, en atencion á su baja temperatura. Estas ideas, espresadas en el primer tomo de la obra de Hallmann, titulada; *Temperaturverhältnisse der Quellen*, han sido modificadas por el autor en el 2 ° tomo, p. 181-183, porque todas las fuentes meteorológicas, por aproximadas que estén á la superficie de la tierra, contienen una parte de calor terrestre.

(67) Pág. 186.—Humboldt, *Asia Central*, t. II, p. 58. Sobre la probabilidad de la conjetura de que el Cáucaso, que, en las cinco sétimas partes de su longitud, corre entre el Kasbegh y el Elburuz, del E. S. E. al O. N. O., bajo el paralelo medio de 42° 50', es la continuacion de la falla volcánica del Asferah (Aktagh), y del Tian-schan, vease *id.*, p. 54-61. Las doscadenas del Asferah y del Thian-schan oscilan entre los paralelos de 40°60' y 43°. La gran depresion aralo-caspia, cuya superficie, segun los exactos cálculos de Struve, escede en 1680 millas geográficas cuadradas al área de toda la Francia (*id.* p. 309-312), es, á mi ver, mas antigua que los levantamientos del Altai y del Thian-schan. La falla de levantamiento de esta última cordillera no se ha prolongado á través de esta vasta depresion; únicamente se encuentra al O. del mar Caspio, con algun cambio de direccion y bajo el nombre de Cordillera del Cáucaso, pero con los mismos fenómenos volcánicos y traquíticos. Esta conexion geognóstica ha sido reconocida por Abich y confirmada por observaciones muy importantes. En un trabajo sobre la relacion del Tian-schan y del Cáucaso, que me envió aquel gran gegnosta, se dice terminantemente: «La frecuencia y el predominio decidido de un sistema de líneas paralelas de dislocacion y de levantamiento, repartido por toda la comarca comprendida entre el Ponto-Euxino y el mar Caspio. casi en la direccion de E. á O., determina del modo mas sorprendente el eje medio de las grandes cordilleras latitudinales del Asia central, entre los sistemas del Kosyurt y del Bolor y el istmo Caucásico. El Cáucaso, cuya direccion media va de S. E. á N, E., pasa, en la parte central de la Cordillera, del E. S. E. al O. N. O.; y aun algunas veces toma libremente la direccion de E á O., como el Thian-schan. Las líneas de levantamiento que unen el Ararat con las montañas traquíticas de Dzerlydagh y de Kargabasar, cerca de Erzerum, y cuyas partes meridionales llevan al Argaeo, el Sepandagh y el Sabalan sobre un mismo paralelo, confirman de la manera mas séria la existencia de un eje volcánico medio, es decir, de la prolongacion occidental del Thian-schan por el Cáucaso. Otras muchas cordilleras, que parten del Asia Central, se reunen en esta notable comarca, y confundiendo sus masas, forman fuertes nudos de montañas y máximos de levantamientos terrestres.

Plinio dice (l. VI, c. 17): «Persæ apellavere Caucasum montem Graucasim (var. Graucasum, Groucasim, Grocasum) hoc est nive candi-

Digitized by Google

dum.» En este nombre, creia Bohlen reconocer los sanscritos *kâs*, brillar, y *gravan*, roca, (véase mi *Asia Central*, t. I, p. 109). Si la palabra *Caucasus* es, con efecto, una alteracion de *Graucasus*, podria suceder, como dice Clausen en sus investigaciones sobre los viajes de Io (*Rheinisches Museum fur Philologie*, 3.° año, 1845, p. 298), que dicho nombre, cada una de cuyas dos primeras sílabas recordaba á los Griegos la idea de *quemar*, significase *un monte ardiente*, á cuya denominacion se ligaria naturalmente, y como por sí misma, la poética leyenda del *alumbrador* ó *inventor del fuego* (πυρκαιός). No puede negarse que muchos mitos traen su orígen de un nombre; pero no se debe hacer derivar un mito tan grande é importante como el del Tyfon Caucásico de una semejanza accidental de sonido con un nombre mal comprendido. Hay argumentos mas sérios, uno de los cuales menciona tambien Clausen. Resulta de la aproximacion del Tyfon y del Cáucaso, y del formal testimonio de Ferecides de Syros, que vivia en tiempo de la LVIII^a^ olimpiada, que *la estremidad oriental del mundo pasaba por montaña volcánica*. Segun el escoliasta de Apolonio de Rodas (*Scholiæ in Apollonium* ed. Schaefferi, 1813, v. 1210, p. 524) Ferecides decia, en su *Téogonia*, «que Tyfon perseguido huyó al Cáucaso, que la montaña se inflamó, refugiándose Tyfon en Italia, en la isla Pitecusa.» Esta isla es la Aenaria, hoy Ischia, en que el Epomeus (Epopon) arrojó llamas y lava, 95 años antes de nuestra era, segun Obsequens, y mas tarde, en tiempo de Tito y Diocleciano, en el año 1302, segun el exacto testimonio de Tolomeo Fiadoni de Lucca, entonces prior de Santa María Novella. Boeckh, profundo conocedor de la antigüedad, me escribió lo que sigue: «Es estraño que Ferecides represente á Tyfon huyendo del Cáucaso porque ardia, cuando él mismo es el autor del incendio. Pero tambien á mí me parece indudable que su estancia en el Cáucaso es un recuerdo de las erupciones volcánicas de esta montaña.» Apolonio de Rodas, en el pasaje donde relata el nacimiento del dragon de Colchos (*Argonautica*, t. II, v. 1312-1217, ed. Beck), coloca igualmente en el Cáucaso *la roca de Tyfon*, sobre la cual este gigante fue herido del rayo por Júpiter, hijo de Kronos. Es posible que los torrentes de lava y los cráteres-lagos de la meseta de Kely, las erupciones del Ararat y del Elburuz, ó las corrientes de piedra pomez y de obsidiana, salidas de los antiguos cráteres del Riotandagh, correspondan á los tiempos prehistóricos; pero las llamas que, aun hoy, brotan por centenares á través de las quiebras del Cáucaso, sobre montañas de 7 á 8,000 pies, lo mismo que en vastas llanuras, inducen fácilmente á tomar la region montañosa del Cáucaso por un *foco tifónico*.

(68) Pág. 187.—Humboldt, *Asia central*, t. II, p. 511 y 513. He hecho ya notar (t. II, p. 165) que Edrisi no habla de los fuegos de Baku; dos-

Digitized by Google

cientos años antes que él, en el siglo X, Massudi Cothbeddin los describe con muchos detalles como un pais de *Nefala*, es decir rico en fuentes ardientes de nafta. Véase Fraehn, *Ibn Fozlan*, p. 245; y, sobre la etimología del nombre médico *Nafta*, el *Diario asiático*, t. XIII, p. 124.

(69) Pág. 188.—Engelhardt y Parrot, *Reise in die Krym und den Kaukasus*, 1815, 1.ª parte, p. 11; Gœbel, *Reise in die steppen der sudlichen Russlands*, 1838, 1.ª parte, p. 249-253; 2.ª parte, p. 138-144.

(70) Pág. 188.—Payen, *del ácido bórico de los Suffioni de la Toscana*, en los *Anales de Química y de Física*, 3.ª série, t. I, 1841, p. 245-255; Bischof, *Chemische und physikalische Geologie*, t. I, p. 669-691; *Establecimientos industriales para la estraccion del ácido bórico en Toscana*, por el conde de Larderel, p. 8.

(71) Pag. 189.—Murchison, *on the vents of hot Vapour in Tuscany*, 1850, p. 7. Véanse tambien en la Coleccion de Karsten y de Dechen, *Archiv für Mineralogie* (t. XIII, 1839, p. 19), las observaciones geognósticas de Hoffman anteriores á los trabajos de Murchisson. Targioni Tozzetti afirma, segun tradiciones antiguas pero dignas de fe, que algunas de estas fuentes borácicas que no han cesado de brotar, ya de un lado, ya de otro, habian sido vistas en otro tiempo durante la noche, brillantes, es decir, inflamadas A fin de aumentar el interés geognóstico de las reflexiones de Murchison y de Pareto sobre la naturaleza volcánica de las formaciones de serpentina en Italia, recordaré que en el Asia Menor, cerca de la ciudad de Deliktasch, la antigua Faselis, sobre la costa occidental del golfo de Adalia, la llama de la Quimera que arde desde hace muchos miles de años, se eleva igualmente de una colina situada sobre la vertiente del Solimandagh, donde se han hallado serpentinas *in situ* y pedruscos calizos. Algo mas al S., en la pequeña isla de Grambusa, se distingue el calizo superpuesto á la serpentina de color oscuro. Véase el trabajo rico en materiales del almirante Beaufort (*Survey of the coasts of Karamania*, 1818, p. 40 y 48), cuyos resultados han sido plenamente confirmados por las rocas que trajo en el mes de mayo de 1851, Berg, artista de grandes dotes. Véase Tchihatcheff, *Asia Menor*, 1853, t. I, p. 407.

(72) Pág. 189.—Bischof, *Chemische und physikalische Geologie*, p. 682.

(73) Pág. 189.—Waltershausen, *Physisch-geographische Skizze von Island*, 1847, p. 123; Bunsen, *ueber die Processe der vulkanischen Gesteinsbildungen Islands*, en Poggendorff's *Annalen*, t. LXXXIII, p. 257.

(74) Pág. 189.—Waltershausen, *id.*, p. 118.

Digitized by Google

(75) Pág. 191.—Humboldt y Gay-Lussac, *Memoria sobre el análisis del aire atmosferico*, en el *Diario de Física* de Lametherie, t. LX, año XIII, p. 151 (reimpreso en las *Misceláneas de Geologia y de Fisica general*, t. I, p. 372).

(76) Pág. 191.—«Acabo de visitar con emocion un lugar que habeis hecho conocer hace cincuenta años. El aspecto de los pequeños volcanes de Turbaco es tal como lo habeis descrito: el mismo lujo de vegetacion, el mismo número y la misma forma de los conos de arcilla, la misma eyeccion de materia líquida y cenagosa; solo está cambiada la naturaleza del gas que de allí se desprende. Llevaba conmigo, segun los consejos de nuestro comun amigo Boussingault, todo lo necesario para el análisis químico de las emanaciones gaseosas, aun para hacer una mezcla frigorífica con el objeto de condensar el vapor de agua, pues que se me espresó la duda de que con este vapor habia podido confundirse el azoe. Pero no necesité este aparato para nada. Desde mi llegada á los *Volcancitos* el olor pronunciado de betun me puso en la senda, y comencé por encender el gas sobre el orificio mismo de cada pequeño cráter. Apercíbese hoy aun en la superficie del líquido que se eleva por intermitencia, una película delgada de petróleo. El gas recogido *arde todo* sin residuo de ázoe (?) y sin depositar *azufre* (al contacto de la atmósfera). Así, la *naturaleza del fenómeno ha cambiado completamente desde vuestro viaje, á menos de admitir un error de observacion*, justificado por el estado menos adelantado de la química esperimental en aquella época. No dudo ya ahora de que la gran erupcion de *Galera Zamba*, que iluminó el pais en un radio de 100 kilómetros, es un *fenómeno de Salsas* desenvuelto en grande escala, pues que existen allí centenares de pequeños conos que vomitan arcilla salada, sobre una superficie de mas de 400 leguas cuadradas. Me propongo examinar los productos gaseosos de los conos de Tubará, que son las salsas mas alejadas de vuestros *Volcancitos* de Turbaco. Segun las manifestacienes poderosas que han hecho desaparecer una parte de la península de Galera Zamba, convertida en isla, y despues de la aparicion de otra isla nueva salida del fondo del cercano mar en 1848 y otra vez sumerjida, he llegado á creer que cerca de Galera Zamba, al O. del delta del Rio Magdalena, es donde se halla el principal foco del fenómeno de las salsas de la provincia de Cartagena.» (Estracto de una carta que me escribió desde Turbaco el ceronel Acosta, el 21 de diciembre de 1850).—Véase tambien Mosquera, *Memoria política sobre la Nueva Granada*, 1852, p. 73, y Gisborne, *the Isthmus of Darien*, p. 48.

(77) Pág. 191.—Durante el tiempo de mi espedicion á América, he seguido religiosamente el consejo de Vauquelin, con el que he trabajado

Digitized by Google

algun tiempo antes de partir para mis viajes, cuyos consejos consistian en escribir el mismo dia de la observacion y conservar el detalle de cada esperiencia. Estracto lo que sigue de mi Diario, fecha del 17 y del 18 de abril de 1801: «Puesto que el gas tratado por el fósforo y el gas nitroso no ha dado mas que 1 por 100 de oxígeno, y con el agua de cal sólo 2 por 100 de ácido carbónico, me pregunto lo que son las otras 97 partes. Primeramente supuse la existencia del hidrógeno carbonado é hidrógeno sulfurado; pero no se deposita azufre al contacto de la atmósra, en los pequeños bordes del cráter, y el olfato no revelaba ningun indicio de hidrógeno sulfurado. Podia creerse que esta parte desconocida era ázoe puro, porque como se ha dicho antes, *una bujia encendida no causaba inflamacion*. Pero los análisis que he hecho en otro tiempo de los fuegos grisus me han enseñado que el hidrógeno ligero y puro de todo ácido carbónico, que se encontraba en la parte superior de una galeria, lejos de encenderse, apagaba la luz del minero, mientras que esta luz era clara en las partes bajas, donde el aire se hallaba cargado de una cantidad considerable de ázoe. Puede pues deducirse de aqui que el resto del gas de los Volcancitos es *ázoe*, con *cierta cantidad de hidrógeno*, que no podemos hasta el presente determinar. ¿Existirá bajo los Volcancitos el misma esquisto bituminoso que he visto mas al O., á orillas del Rio Sinu? ¿ó bien hay allí marga y aluminio? ¿Puede el aire penetrar por sitios resquebrajados en cavernas formadas por las aguas, y descomponerse por el contacto con la tierra arcillosa de gris negro, como en las minas abiertas en medio de la arcilla bituminosa de Hallein y de Berchtholdsgaden, donde las escavaciones se llenan de gas que apagan las luces? ¿ó la tension de los gases elásticos que salen con impetuosidad cerrarian el acceso al aire atmosférico?» Tales son las cuestiones que me propuse en Turbaco hace cincuenta y tres años. Segun las últimas observaciones de Vauvert de Mean (1854), el gas que se escapa ha conservado completamente su propiedad inflamable. El viajero ha traido muestras del agua que llena los pequeños cráteres de los Volcancitos. Boussingault ha observado en ellas, que por cada litro existen 6,59 gramos de sal ordinaria, 0,31 de carbonato de sosa, 0,20 de sulfato de sosa. El análisis ha revelado tambien indicios de borato de sosa y de yodo. Despues de un exámen con el microscopio del yodo despedido por el volcan, Ehrenberg no ha hallado en él ninguna partícula de cal ni ninguna escorificacion, sino granos de cuarzo mezclados con pequeñas hojas de mica y menudos prismas cristalizados de verde mar negro, como se encuentran frecuentemente en la toba volcánica. Tampoco se ha visto vestigio alguno de esponjas de silice ni de infusorios poligástricos, nada en fin que anunciase la proximidad del mar; sino bastantes restos de dicotiledóneas, yerbas y liquenes que recordaban las partes constitutivas de la Moya de Pelileo. Sainte-Claire Deville y Bornemann, en sus pre-

Digitized by Google

ciosos análisis de la *Macalube di Terrapilata* hallaron que el gas arrojado al esterior contiene 0,99 de hidrógeno carbonado; mientras que el que se eleva en el *Agua Santa di Limosina*, cerca de Catana, ha suministrado, como otras veces Turbaco, 0,98 de ázoe, sin ningun vestigio de oxígeno. Véanse las *Memorias de la Academia de Ciencias*, t. XLIII, 1856, p. 361 y 366.

(78) Pág. 192.—Humboldt, *Vistas de las Cordilleras y Monumentos de los pueblos indígenas de la América*, p. 239. El magnífico dibujo de los Volcancitos de Turbaco, que ha servido de modelo al grabado, es de mi compañero de viaje Rieux. Sobre el antiguo Taruaco de los primeros tiempos de la *Conquista* española, véase Herrera, t. I, p. 251.

(79) Pág. 193.—Carta de Joaquin Acosta á Beaumont, en las *Memorias de la Academia de Ciencias*, t. XXIX, 1749, p. 530-534.

(80) Pág. 194.—En el *Asia central*, (t. II, p. 519-540), ordinariamente segun estractos de obras chinas hechos por Klaproth y Julien. El antiguo método chino de aforamiento por medio de una cuerda, que se ha puesto en práctica muchas veces de 1830 á 1842, y algunas de ellas con éxito en las hulleras de Bélgica y Alemania, fue ya descrito en el siglo XVII, en la Narracion del embajador holandés van Hoorn, como ha hecho ver Jobard. El misionero francés Imbert, que ha residido tantos años en Kia-tingfu, es, sin embargo, el que ha dado los mas exactos detalles sobre el método de aforamiento aplicado á las fuentes de fuego (Hotsing). Véanse los *Anales de la Asociacion de la Propagacion de la fe*, 1829, p. 269-381.

(81) Pág. 195.—Segun el análisis de Diard (véase *Asia central*, t. II, p. 515). A mas de los volcanes cenagosos de Damak y de Surabaya, hállanse en otras islas del Archipiélago indio los de Pulu-Semao, Pulu-Kantbing y Pulu-Roti. Véase Junghuhn, *Java, seine Gestalt und Pflanzendecke*, 1852, 3.ª parte, p. 830.

(82) Pág. 195.—Junghuhn, *id.*, 1.ª parte, p. 201; 3.ª parte, p. 854-858. Las grutas del Perro de la isla de Java, que producen menor efecto, se designan con los nombres de *Gua-Upas* y de *Gua-Galan*. *Gua* es la palabra sanscrita *guhâ*, que significa *gruta*. No puede haber duda sobre la identidad de la *grotta del Cane*, cerca del *lago di Agnano*, con la que Plinio ha descrito (l. II, c. 93), hace diez y ocho siglos: «In agro Puteolano, Charonea scrobis mortiferum spiritu exhalans.» Puede, pues, estrañarse con Scacchi (*Mem. geolog. sulla Campania*, 1849, p. 48) que un fenómeno tan mínimo como el depósito renovado de una pequeña cantidad de gas carbónico haya podido mantenerse sin cambio y sin perturbacion en un

Digitized by Google

terreno móvil, tan frecuentemente removido por temblores de tierra.

(83) Pág. 196.—Blume, *Rumphia sive Commentationes botanicæ*, t. I, 1835, p. 47-59.

(84) Pág. 197.—Humboldt, *Ensayo geognóstico sobre el yacimiento de las rocas en ambos hemisferios*, 1823, p. 76; Boussingault, en los *Anales de Química y Física*, t. 52, 1833, p. 11.

(85) Pág. 197.—Véanse sobre la altura de Alausi, en el Cerro Cuello, cerca de Ticsan, mis *Observaciones astronómicas*, t. I, p. 311 (nivelacion barométrica núm. 206).

(86) Pág. 197.—«La existencia de una *fuente de nafta* saliendo del fondo del mar de un micasquisto granatífero, y esparciendo, segun espresion de Oviedo, historiador de la Conquista, cierto líquido resinoso, aromático y medicinal, es un hecho en estremo notable. Todas las que se conocen hasta aquí pertenecen á las montañas secundarias, y este yacimiento parecia confirmar la idea de que todos los betunes minerales se deben á la destruccion de las materias vegetales y animales, ó á la combustion de las hullas (vease Hatchett, en las *Transact. of the Linnaean Society*, 1789, p. 129). El fenómeno del golfo de Cariaco adquiere mayor importancia, al recordar que el mismo terreno llamado primitivo encierra fuegos subterráneos; que, en el borde de los cráteres en erupcion, el *olor de petróleo* se deja sentir de tiempo en tiempo (por ejemplo en la erupcion del Vesubio, en 1805, cuando el volcan lanzaba escorias), y que la mayor parte de las fuentes cálidas de la América meridional salen del granito (las Trincheras, cerca de Portocabello) del gneis y esquisto-micáceo. Mas al Este del meridiano de Cumana, descendiendo de la Sierra de Meapire, se encuentra primeramente la tierra hueca que, durante los grandes terremotos de 1766, ha despedido asfalto envuelto en petróleo viscoso; y mas allá de este terreno, infinidad de fuentes cálidas hidrosulfurosas.» (Humboldt, *Relacion histórica del viaje á las regiones equinocciales*, t. I, p. 136, 344, 347 y 417)

(87) Pág. 201.—*Cosmos*, t. I, p. 213.

(88) Pág. 202.—Strabon, l. I, p. 58, edicion de Casaubon. El epíteto διάπυρος prueba que no se trata aquí de volcanes de lodo. En el pasaje donde Platon alude á estos volcanes, en sus fantasías geognósticas, mezcla de mitos y observaciones reales, dice terminantemente, en oposicion al fenómeno que Strabon ha descrito, ὑγροῦ πηλοῦ ποταμοί. He hablado en otra ocasion de las palabras πηλός y ῥόαξ aplicadas á las erupciones volcánicas (*Cosmos*, t. I, p. 415 nota 25). Me limitaré á recordar

Digitized by Google

aquí otro pasaje de Strabon (l. VI, p. 269), donde caracteriza con toda claridad la lava que se endurece, con las espresiones de πηλὸς μέλας. Léese en su descripcion del Etna: «El torrente inflamado (ῥύαξ), al solidificarse, petrifica la superficie de la Tierra hasta una profundidad bastante considerable para que aquel que quiera descubrirla tenga que hacer un trabajo de cantero. Pues que las rocas están fundidas en los cráteres antes de ser espulsadas de ellos, es natural que la materia en fusion que se escapa de la cumbre y corre á lo largo de la montaña sea una masa negra y pastosa (πηλός) que, al endurecerse, se convierte en piedra molar y guarda su color primitivo.»

(89) Pág. 203.—*Cosmos*, t. I, p. 417 nota 28.

(90) Pág. 203.—Buch, *ueber basaltische Inseln und Erhebungskrater*, en los *Abhandlungen der Kœnigl. Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, años 1818 y 1819, p. 51. Véase tambien del mismo: *Physicalische Beschreibung der Canarischen Inseln*, 1825, p. 213, 262, 284, 313, 323 y 341. Esta obra que ha señalado en la historia del conocimiento fenómenos volcánicos, es el fruto del viaje que Buch hizo á Madera y á Tenerife, desde principios de abril hasta fin de octubre de 1815; pero Naumann, en su *Lehrbuch der Geognosie*, recuerda con razon que la teoría de los *cráteres de levantamiento* y la diferencia esencial que los distingue de los volcanes propiamente dichos fueron ya enunciados en cartas escritas desde Auvernia en 1802 por Buch, con ocasion de la descripcion del Mont-Dore (*Geognostiche Beobachtungen auf Reisen durch Deutschland und Italien*, t. II, p. 282). Las Azores forman con los tres cráteres de levantamiento de las islas Canarias, Gran Canaria, Tenerife y Palma, materia para comparaciones muy instructivas. Los escelentes mapas del capitan Vidal, cuya publicacion debemos al Almirantazgo inglés, dan á conocer la singular constitucion geológica de estas islas. En la de San Miguel está situada la inmensa *Caldeira das sete Cidades*, cráter de levantamiento que encierra, á una altura de 812 pies, dos lagos: la *Lagoa grande* y la *Lagoa azul*, y se ha formado casi á la vista de Cabral en 1444. La *Caldeira de Corvo*, cuya parte situada fuera del agua á 1,200 pies de altura, es casi igual en circunferencia á la *Caldeira das sete Cidades*. Los cráteres de levantamiento de Fayal y de Terceira presentan una altura casi triple. A la misma clase de fenómenos eruptivos pertenecen los innumerables levantamientos que se han visto aparecer, en algunos dias solamente, en 1691, alrededor de la isla de San Jorge; en 1757, alrededor de la de San Miguel. Hemos mencionado ya (*Cosmos*, t. I, p. 221) el hinchamiento periódico del lecho del mar, que, á una milla geográfica próximamente hácia el O. de la *Caldeira das sete Cidades*, ha hecho surgir la isla mas considerable y menos efímera de Sabrina. Puede consultarse,

Digitized by Google

sobre el cráter de levantamiento del Astruni, en los campos Flegraneos, y sobre la masa traquítica levantada en el centro de este cráter, como una colina en forma de campana cerrada, á Buch, en los *Annalen* de Poggendorff, t. XXXVII, p. 171 y 182. Rocca Monfina es un magnífico cráter de levantamiento, del cual ha dado Abich la medida y el dibujo (véase *Geologische Beobachtungen über die vulkanischen Erscheinungen in Unter und Mittel-Italien*, 1841, t. I, p. 113, lám. 2.ª)

(91) Pág. 205.—Sartorius und Waltershausen, *Physisch-geographische Skizze von Island*, 1847, p. 107.

(92) Pág. 205.—*Cosmos*, t. I, p. 416.

(93) Pág. 206.—Háse agitado mucho el problema relativo á saber la localidad de la llanura de Trezena ó de la península de Metana á que se refiere la descripcion del poeta romano. Mi amigo Ross, que ha adquirido por sus numerosos viajes un conocimiento profundo de la geografía antigua y de toda la antigüedad griega, cree que los alrededores de Trezena no presentan ninguna localidad análoga á la colina en forma de vejiga, y que Ovidio ha colocado en esta llanura por una licencia poética el fenómeno que describe por otra parte con tanta verdad. Ross me escribia lo que sigue, en noviembre de 1845: «Al S. de la península de Metana y al E. de la llanura de Trezena, se halla la isla Kalauria, en cuyo templo de Neptuno se refugió y dió muerte Demóstenes, perseguido por los Macedonios. La montaña caliza de Kalauria está separada de la costa por un estrecho brazo de mar (πόρος), de donde la ciudad y la isla han tomado su nombre moderno. En medio del estrecho se vé una isleta cónica, cuya forma es muy semejante á la de un huevo cortado en dos en su longitud, y que está unida á Kalauria por un dique bajo, hecho quizá por la mano del hombre. Esta isla es esencialmente de orígen volcánico, y se compone de traquito de un amarillo gris y de un rojo amarillento, mezclado de lava y escoria, casi sin vestigio de vegetacion. En esta isla está situada la ciudad moderna de Poros, sobre el terreno de la antigua Kalauria. La formacion de la isla es enteramente análoga á la de las volcánicas de orígen mas reciente del golfo de Tera, hoy Santorin. Ovidio, en su poética descripcion, ha imitado probablemente un modelo griego ó reproducido una antigua leyenda.» Virlet, miembro de la Espedicion científica francesa, ha emitido la opinion de que este levantamiento volcánico no era otra cosa que un acrecentamiento que abultó la mása traquítica de la península de Metana. Este crecimiento se halla á la estremidad N. O. de la península, en el sitio donde la piedra negra y calcinada llamada Kammeni-petra, y semejante á los Kammeni que se observan cerca de Santorin, descubre un orígen mas reciente. Pausanias nos ha trasmitido la leyenda de los

Digitized by Google

habitantes de Metana, segun la cual habian salido llamas de la tierra en la costa setentrional, antes de la aparicion de las aguas termales sulfurosas cuya celebridad se ha conservado hasta nuestros dias Véase Curtius, *Peloponnesos*, t. I, p. 42 y 56. Sobre el perfume, imposible de definir, que en Santorin sucedió en el mes de setiembre de 1650, al olor desagradable del azufre, véase Ross, *Reisen auf den griech. Inseln des Ægæischen Meeres*, t. I, p. 196. Se puede tambien consultar sobre el olor de nafta que exhalaban los vapores de la lava en la isla de Umnak, aparecida en 1796 en medio de las islas Aleuticas, á Kotzebue, *Entdeckungs-Reise*, t. II, p. 46, y Buch, *Descripcion fisica de las islas Canarias*, p. 458 de la tradnccion francesa.

(94) Pág. 206.—La cumbre mas elevada de los Pirineos, el pico de Nethou, que forma parte del grupo de Maladetta ó Malahitta, ha sido medido trigonométricamente dos veces: tiene, segun Reboul, 10,737 pies (3,481m), y segun Corabœuf, 10,478 pies (3,404m). Cuenta, pues, 1,600 pies menos que el monte Pelvoux de los Alpes franceses, cerca de Briancon. Despues del pico de Nethou, vienen, en los Pirineos, el pico Posets ó Erist, y en el grupo del Marboré, el Monte-Perdido y el Cilindro.

(95) Pág. 206.—Véase *Memoria para la descripcion geológica de Francia*, t. II, p. 339. Véanse sobre los *Valleys of elevation*, y los *encirling ridges* de la formacion silúrica, las escelentes descripciones de Murchison (*the Silurian System*, 1.ª parte, p. 427-442.

(96) Pág. 207.—Bravais y Martins, *Observaciones hechas en la cumbre y en la gran meseta del Mont-Blanc*, en el *Anuario meteorológico de Francia para* 1850, p. 131.

(97) Pág. 208.—*Cosmos*, t. IV, p. 152. He visitado los volcanes del Eifel dos veces, y en diferentes épocas del desarrollo de los estudios geológicos, á fines del año de 1794 y en el mes de agosto de 1845. La primera he esplorado los alrededores del lago Laach y de la abadía, que entonces estaba aun habitada por monjes; la segunda los alrededores de Bertrich, el Mosenberg y los *Maars* ó cráteres de esplosion que existen cerca de dichos puntos. No he podido consagrar mas que algunos dias á cada una de estas escursiones. Pero como en mi segundo viaje, tuve la fortuna de acompañar á mi íntimo amigo Dechen, Director general de Minas, he podido libremente aprovechar, gracias á una correspondencia de muchos años y á los trabajos manuscritos que me ha puesto de manifiesto, las observaciones de este eminente geognosta. He indicado frecuentemente por comillas, segun mi costumbre, los pasajes que he tomado de estas notas.

Digitized by Google

(98) Pág. 208.—Dechen, *Geognostische Uebersicht der Umgegend von Bad Bertrich*, 1847, p. 11-51.

(99) Pág. 208.—Véase Stengel, en Nœggerath, *das Gebirge von Rheinland und Westphalen*, p. 79. Véanse tambien las escelentes esplicaciones relativas á los volcanes del Eifel y al estanque de Neuwied, que Oeynhausen ha añadido á su mapa geognóstico del lago de Laach (1847, p. 34, 39 y 42). Sobre los *Maars* ó cráteres de esplosion, véase Steininger, *Geognostische Beschreibung der Eifel*, 1853, p. 113. Su primer trabajo, ya muy meritorio, *die erloschenen Vulkane in der Eifel und am Nieder-Rhein*, es del año 1820.

(100) Pág. 211.—La leucita, semejante á la del Vesubio, á la de la Rocca di Papa, en las montañas de Albano, á la de Vitervo y á la de la Rocca Monfina, que, segun Pilla, tiene algunas veces un espesor de mas de 3 pulgadas, y se halla en la dolerita del Kaiserstuhl en Brisgau, existe tambien en el Eifel sobre el Burgberg, cerca de Rieden, como elemento del leucitófiro. La toba del Eifel encierra, cerca de Boll y de Weibern, grandes trozos de esta última roca. No puedo resistir al deseo de citar aquí la nota siguiente, tomada del manuscrito de una memoria químico-geognostica, que Mitscherlich ha leido hace algunas semanas, en la Academia de Berlin: «Las erupciones del Eifel no han podido ocasionarse mas que por vapores de agua; pero estos vapores habrian dividido y dispersado la olivina y la augita en finas gotitas, si les hubieren hallado todavía en el estado fluido. Fragmentos concrecionados de la antigua montaña destruida están estrechamente mezclados á la masa primitiva en las materias arrojadas por el volcan, por ejemplo, en el estanque de Dreiser; ordinariamente las grandes masas de olivina y de augita están encerradas en una corteza espesa de esta mezcla. Jamas se hallan en la olivina ni en la augita fragmentos de la antigua montaña. Luego estas dos rocas estaban formadas antes de llegar al sitio donde el derrumbamiento tuvo lugar. Luego la olivina y la augita se hallaban ya separadas de la masa líquida de basalto antes que esta masa encontrase agua, ó una fuente que ocasionara la erupcion.» Véase tambien, sobre las bombas, un trabajo mas antiguo de Horner, en las *Transactions of the Geological Society*, 2.ª série, t. IV, 2.ª parte, 1836, p. 467.

(1) Pág. 211.—Buch, en Poggendorff's *Annalen*, t. XXVII, p. 179. Las materias volcánicas provienen, segun Scacchi, de la primera erupcion del Vesubio que tuvo lugar en el año 79; véase Leonhard's *neus Jahrbuch für Mineralogie*, año 1853, p. 259.

(2) Pág. 214.—Sobre la edad de formacion del valle del Rin, véase Dechen, *geognostische Beschreibung des Siebengebirges* en los *Verhandlungen*

Digitized by Google

des naturhistorischen Vereins der Preuss. Rheinlande und Westphalens, 1852, p. 556-559. Ehrenberg ha tratado de los infusorios del Eifel en las *Monatsberichte der Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, 1844, p. 337; 1845, p. 133 y 148; 1846, p. 161-171. El trass de Brohl, que está lleno de fragmentos de piedra pomez que contienen infusorios, forma colinas de 800 pies de altura.

(3) Pág. 214.—Rozet, en las *Memorias de la Sociedad geológica*, 2.ª série, t. I, p. 119. Se halla igualmente en la isla de Java, el campo maravilloso de la actividad volcánica, entre Gunung-Salak y Perwakti, cráteres sin conos, análogos á los *Maars*, y que hacen el efecto de volcanes planos. Véase Junghuhn, *Java, seine Gestalt und Pflanzendecke*. Sin ninguna eminencia que marque su contorno, estos cráteres se encuentran frecuentemente en las partes absolutamente planas de los terrenos montañosos; viéndose alrededor esparcidos los fragmentos angulares de rocas quebradas por la esplosion. No salen de estos volcanes sino vapores y gases.

(4) Pág. 215.—Humboldt, *Atlas de los volcanes de las Cordilleras de Quito y de Méjico*, lám. IV. Véanse tambien las *Misceláneas de Geologia y de Física general*, t. I, p. 150-185 de la traduccion francesa.

(5) Pág. 215.—*Id.*, lám. IV.

(6) Pág. 215.—*Id.*, lám. VIII; véanse tambien las *Misceláneas*, t. I, p. 515. Sobre la situacion topográfica del Popocatepetl (*Montaña humeante*, en la lengua de los Aztecas), que se eleva al lado de la *Dama-Blanca acostada* ó Iztaccihuatl, y sobre las relaciones geográficas de esta montaña con el lago de Tezcuco al O., y la pirámide de Cholula al E., véase mi *Atlas geográfico y físico de la Nueva-España*, lám. III.

(7) Pág. 215.—*Volcanes de las Cordilleras de Quito y de Méjico*, lám. IX. Sobre el Citlaltepetl, *Montaña de las estrellas*, en la lengua de los Aztecas, véanse mis *Misceláneas*, t. I, p. 467-470 de la traduccion francesa, y mi *Atlas geog. y físico de la Nueva España*, lám. XVII.

(8) Pág. 215.—*Volcanes de las Cordilleras de Quito y Méjico*, lám. II.

(9) Pág. 216.—*Vistas de las Cordilleras y Monumentos de los pueblos indígenas de América*, lám. LXII.

(10) Pág. 216.—*Volcanes de las Cordilleras de Quito y Méjico*, lám. I y X; *Misceláneas* t. I, p. 1-80 de la traduccion francesa.

(11) Pág. 216.—*Volcanes de las Cordilleras*, lám. IV.

Digitized by Google

(12) Pág. 216.—*Id.*, lám. III y VII.

(13) Pág. 216.—Mucho tiempo antes de la llegada de Bouguer y La Condamine á la meseta de Quito (1736), mucho antes tambien de las medidas de los astrónomos, sabian los indigenas que el Chimborazo era mas alto que todos los demas Nevados del pais, y habian reconocido dos líneas cuyo nivel casi no cambiaba durante todo el año: el límite inferior de las nieves perpétuas y el de la nieve esporádica ó accidental. He demostrado en otra parte, con medidas (*Asia central*, t. III, p. 255), que en la region ecuatorial de Quito, situada al nivel de la cumbre del Mont-Blanc, el límite inferior de las nieves no varia en la pendiente de seis de los mayores colosos, sino 180 pies. Como esta desigualdad y otras menos considerables aun, vistas á semejante distancia son imperceptibles sin anteojo, resulta de aqui para los habitantes de los trópicos, una regularidad en apariencia contínua en la capa de nieve que recubre la cumbre de las montañas, es decir, en la forma de la línea de las nieves perpétuas. Este aspecto del paisaje admira á los físicos habituados á la irregularidad de la línea de las nieves en las zonas variables llamadas templadas. Este nivel horizontal de la nieve alrededor de Quito, y el conocimiento del máximum de las oscilaciones que puede sufrir, suministra bases verticales de 14,800 pies sobre el nivel del mar, y de 6,000 pies sobre la llanura en que están situadas las ciudades de Quito, Hambato y Nuevo-Riobamba; bases que, añadiéndo las alturas de ángulos exactos, pueden servir para la medida de las distancias y otros trabajos topográficos que exijan rapidez. Por la segunda de estas líneas, es decir, la línea horizontal que marca el límite inferior de la nieve esporádica, se distingue las alturas relativas de las montañas cuyas cimas no alcanzan á la region de las nieves perpétuas. En una larga cadena de estas montañas, muchas que se habian creido de igual altura, se han reconocido como inferiores á la línea de las nieves esporádicas; de este modo dichas nieves permiten afirmaciones exactas sobre las alturas relativas. En las montañas de Quito, donde las Sierras Nevadas estan ordinariamente aproximadas, sin que sus capas de nieve perpétua se toquen, he recogido con frecuencia de los labradores ó de los pastores reflexiones semejantes sobre los límites de las nieves perpétuas ó temporales. El aspecto grandioso de la Naturaleza puede escitar la sensibilidad de los indígenas, aun allí en donde no han recibido el primer grado de la civilizacion.

(14) Pág. 217.—Véase Abich, en el *Boletin de la Sociedad de Geografía* (4.ª série, t. I, 1851, p. 517), al que es adjunto un bellísimo dibujo del antiguo volcan.

(15) Pág. 217.—Humboldt, *Vistas de las Cordilleras*, p. 295, lám. 61, y *Atlas de la Relacion histórica*, lám. 27.

Digitized by Google

(16) Pág. 218.—Humboldt, *Misceláneas de Geología y de Física general*, t. I, p. 60-80 de la trad. franc.

(17) Pág. 218.—Junghuhn, *Reise durch Java*, 1845, p. 215, lám. XX.

(18) Pág. 219.—Véase Erman, en una obra importantísima para la Geognosia, y otros muchos puntos de vista *(Reise um die Erde)*, t. III, p. 207 y 271.

(19) Pág. 219.—Waltershausen, *Physisch-geographische Skizze von Island*, 1847, p. 107, y *geognostischer Atlas von Island*, 1853, lám. XV y XVI.

(20) Pág. 219.—Kotzebue, *Entdeckungs-Reise in die Sudsee und in die Berings-Strasse*, 1815-1818, t. III, p. 68; Choris, *Reise-Atlas*, 1820, lám. V; vizconde de Archiac, *Historia de los progresos de la Geología*, 1847, t. I, p. 544, y Buzeta, *Diccionario geográf. estad. histórico de las islas Filipinas*, t. II, Madrid, 1851, p. 436, 470 y 471; no se halla, sin embargo, mencionada en esta obra la doble muralla ó el segundo cráter situado en el cráter-lago y descrito por Delamare con mucha exactitud y detalles en su carta á Arago, del mes de noviembre de 1842 *(Memorias de la Academia de Ciencias*, t. XII, p. 736). Una violenta erupcion habia tenido lugar el 24 de setiembre de 1716; la de diciembre de 1754, aunque menos violenta, destruyó, á la orilla del S. O. del lago, la antigua aldea de Taal, que fue reedificada mas tarde á mayor distancia del volcan. La isleta del lago, sobre la cual se eleva el volcan, se llama *Isla del Volcan* (véase Buzeta, *id.*) La altura absoluta del volcan de Taal es de unos 840 pies; uno de los menos elevados, como el de Kosima. Estaba en plena actividad en 1842, cuando la espedicion americana del capitan Wilkes (véase *U. St. Exploring Expedition*, t. V, p. 317).

(21) Pág. 219.—Véase Humboldt, *Exámen crítico de la historia de la geografía del nuevo continente en los siglos* XV y XVI, t. III, p. 135, y el *Periplo* de Hannon, en la coleccion de Hudson: *Geographi, Græci minores*, t. I, p. 45.

(22) Pág. 220.—*Cosmos*, t. I, p. 207.

(23) Pág. 221.—Sobre la situacion de este volcan, al que solo esceden en pequeñez los de Tanna y de Mendaña, véase el magnífico mapa del imperio del Japon, de Siebold, 1840.

(24) Pág. 221.—No he citado, entre las islas volcánicas, al lado del Pico de Tenerife, el Mauna-Roa, cuya forma cónica no corresponde á su nombre. En lengua Sandwich, la palabra *mauna* significa *montaña*, y *roa* significa á la vez *largo* y *mucho*. No menciono tampoco el Hawaii, sobre cuya altura se ha discutido tanto, y que por mucho tiempo

Digitized by Google

tambien se ha descrito como una cúpula de traquito cerrada en la cima. El célebre cráter de Kiraueah, formado por un lago de lava en ebullicion, se halla al E., sobre una altura de 3724 pies, segun Wilkes, y cerca del pie de Mouna-Roa. Véase la escelente descripcion de este volcan, en Wilkes, *Exploring Expedition*, t. IV, p. 165-196.

(25) Pág. 222,—Carta de Hoffmann á Buch, *ueber die geognostische Constitution der Liparischen Inseln*, en Poggendorff's, *Annalen*, t. XXVI, 1832, p. 59. Volcano, de 1 190 pies de altura, segun las recientes medidas de Sainte-Claire Deville, ha tenido fuertes erupciones de escorias y cenizas en 1444, á fines del siglo XVI, en 1731, 1739 y 1771. Estas erupciones contienen sal amoniaca, azufre, ácido bórico, selenio, sulfuro de arsénico, fósforo y, segun Bornemann, parte de yodo. Es la primera vez que se hallan estas tres últimas sustancias entre los productos volcánicos. Véanse las *Memorias de la Academia de Ciencias*, t. XLIII, 1856, p. 683.

(26) Pág. 222.—Squier, en el *American Association (tenth annual Meeting, at New-Haven*, 1850).

(27) Pág. 222.—Junghuhn, *Java, seine Gestalt und Pflanzendecke*, 1852, t. I, p. 99. El Ringgit, cuyas erupciones formidables han costado la vida á millares de personas en 1858, se halla hoy casi estinguido.

(28) Pág. 222.—La cumbre del Vesubio no está, por consiguiente, sino 242 pies mas elevada que el Brocken.

(29). Pág. 222.—Humboldt, *Vistas de las Cordilleras*, lám. XLIII, y *Atlas*, lám. XXIX.

(30) Pág. 222.—Junghuhn, *id.*, t. I, p. 68 y 98.

(31) Pág. 223.—V. mi *Relacion histórica*, (t. I, p. 93), sobre todo para la distancia á que se ha apercibido algunas veces la cumbre del volcan de la isla Pico. La antigua medida de Ferrer habia dado una altura de 7 428 pies, es decir, 285 mas que el cálculo del capitan Vidal, mas esmerado ciertamente (1843).

(32) Pág. 223.—Erman, en su interesante descripcion de los volcanes de la península de Kamtschatka, atribuye á la Awatschinskaja ó Gorelaja Sopka, 8 360 pies de altura, y á la Strjeloschnaja Sopka, que se llama tambien Korjazkaja Sopka, 11 090 pies *(Reise*, t. III, p. 494 y 540). Véase sobre estos dos volcanes, de los que el primero es el mas activo, Buch, *Descripcion física de las islas Canarias*, p. 447-450 de la traduccion francesa. La altura que Erman da al volcan de Awatscha es la que se ajusta mejor á la medida mas antigua ejecutada por Mongez en 1787, durante la espedicion de La Pérouse (8 198 pies), y con los cálculos mas

Digitized by Google

recientes del capitan Beechey (8497 pies). Hoffman, en la espedicion de Kotzebue, y Lenz, en la de Lutke, no hallaron mas que 7 664 y 7 705 pies; véase Lutke, *Viaje alrededor del mundo*, t. III, p. 67-84. La medida de la Strjeloschnaja Sopka del almirante ha dado 10 518 pies.

(33) Pág. 223.—Véanse las tablas de las alturas de Pentland en Mary Somerville, *Physische Geographie*, t. II, p. 452; Parish, *Buenos-Ayres and the prov. of the Rio de la Plata*, 1854, p. 343; Poppig, *Reise in Chili und Peru*, t. I, p. 411-434.

(34) Pág. 223.—¿Hay que admitir que la cumbre de este notable volcan pierde su altura poco á poco? Una medida barométrica de Baldey, Vidal y Mudge, de 1819, ha dado 2 975 metros ó 9 156 pies; mientras que un observador muy concienzudo y muy ejercitado, que ha prestado importantes servicios á la geognosia de los volcanes, Saint-Claire Deville, no halló en 1842 mas que 8 587 pies (*Viaje á las islas Antillas y á la isla de Fogo*, p. 155). Poco antes de esta época, el capitan King habia evaluado la altura del volcan de Fogo en 8 267 pies.

(35) Pág. 223.—Véase Erman, *Reise*, t. III, p, 271, 275 y 297. El volcan Schiwelutsch tiene, como el Pichincha, la forma, poco comun en los volcanes activos, de una cima alargada (chrebet), sobre la cual se elevan cimas y crestas aisladas (grebni). En toda la region volcánica de la península se designan siempre con el nombre de *sopki* las montañas en forma de campana ó de cono.

(36) Pág. 223.—Sobre la notable concordancia de esta medida trigonométrica con la medida barométrica de J. Herschel, véase *Cosmos*, t. I, p. 349 (nota 2).

(37) Pág. 223.—La medida barométrica de Sainte-Claire Deville, de 1842, ha dado 3 706 metros ú 11 408 pies (*Viaje á las Antillas*, p. 102-118). Este re ultado está casi conforme con el de la segunda medida trigonométrica (11 330 p.) de Borda de 1776, que he podido publicar antes que nadie, segun un manuscrito del Depósito de la Marina (*Viaje á las regiones equinocciales*, t. I, p. 116 y 275-287). La primera medida trigonométrica de Borda y Pingré, de 1771, habia dado solo 10 452 pies en lugar de 11 430. El error provenia de una anotacion falsa: habíase fijado como valor de un ángulo 33′ en vez de 53, segun me lo ha dicho el mismo Borda, que, antes de mi viaje hácia el Orinoco, me ha demostrado gran benevolencia y dado muy útiles consejos.

(38) Pág. 223.—Adopto aquí las indicaciones de Pentland, (12 367 pies ingleses) y lo hago con tanto mayor motivo cuanto que, segun el *Voyage of discovery in the antarctic Regions*, de Ross (t. I, p. 216), la altura

Digitized by Google

del volcan, cuyo humo y llamas son visibles aun durante el dia, está evaluada, en general, en 12 400 pies ingleses.

(39) Pág. 223.—Sobre el Argæus, á que Hamilton ha subido y medido antes que nadie barométricamente (3 905 metros), véase Tchihatcheff, *Asia menor*; 1853, t. I, p. 441-449 y 571. Hamilton, en su escelente obra (*Researches in Asia Minor*), obtiene, como término medio de una medida barométrica y de algunos ánguios de altura, 13 000 pies ingleses. Pero si, segun Ainsworth, la altura de Kaisarieh es de 1 000 piesingleses menos que la cifra de Hamilton, no quedan para la altura del Argæus mas que 11 251 pies ingleses (véase Hamilton, en las *Transact. of the geolog. Society*, t. V, 3 ª parte, 1840, p. 596). Gran número de pequeñísimos conos de erupcion se elevan al S. E. del Argæus (Erdschisch-Dagh), en la gran llanura de Eregli y al S. de la aldea de Karabunar y del grupo de montañas conocido bajo el nombre de Karadscha-Dagh. Uno de estos conos de erupcion, provisto de su cráter, ofrece el aspecto curiosísimo de un buque cuyo frente tuviera la forma de espolon. Este cráter se halla en un lago salado, en el camino de Karabunar á Eregli, á una milla lo menos de Karabunar. La colina lleva el mismo nombre. Véase Tchihatcheff, *Asia Menor*, t. I, p. 455; Hamilton, *Researches in Asia Minor*, t. II, página 217.

(40) Pág. 223.—La altura indicada es propiamente la del lago alpino conocido con el nombre de *Laguna verde*, á cuya orilla se halla la solfatara examinada por Boussingault (véase Acosta, *Viajes cientificos á los Andes ecuatoriales*, 1849, p. 75.

(41) Pág. 223.—Boussingault ha llegado hasta el cráter, y medido la altura de la montaña barométricamente; su resultado está casi conforme con el que yo hallé por estimacion, veinte y tres años antes, en mi viaje de Popayan á Quito.

(42) Pág. 223.—Hay pocos volcanes cuya altura se haya exagerado tanto como el coloso de las islas Sandwich. De 17270 pies, número indicado en el tercer viaje de Cook, King le hace descender á 15,465 pies, Marchand á 15 588, el capitan Wilkes á 12 909, y por fin, Horner, en la espedicion de Kotzebue, á 12 693. El primero que ha publicado las bases de este último resultado, es Buch, en su *Descripcion física de las islas Canarias*, p. 379. Véase Wilkes, *Exploring Expedition*, t. IV, p. 111-162. La orilla oriental del cráter no tiene mas que 12 609 pies. Por lo demás, un número mas elevado para una montaña que, como se afirma del Mauna-Roa (lat. 19° 18'), no está nevada, se hallaria en contradiccion con el resultado de los esperimentos que hice en Méjico, y segun los

Digitized by Google

cuales el límite de las nieves perpétuas en las mismas latitudes no baja de 13 860 pies. Véase Humboldt, *Viaje á las regiones equinocciales*, t. I, p. 97; *Asia Central*, t. III, p. 269 y 359.

(43) Pág. 223.—El volcan se levanta al O. de la aldea de Cumbal, que á su vez está edificada á 9 911 pies sobre el nivel del mar. (Véase Acosta, *Viajes cientificos*, etc., p. 76).

(44) Pág. 223.—Doy aquí el resultado de las medidas repetidas muchas veces por Erman, en setiembre de 1829. Parece que la altura de las orillas del cráter varia á causa de la frecuencia de las erupciones; porque medidas ejecutadas en agosto de 1828, y que merecen la misma confianza que las de Erman, no habian dado mas que 15 940 pies. Véase Erman, *Physikalische Beobachtungen auf einer Reise um die Erde*, t. I, p. 400 y 419, y la parte histórica del viaje, t. III, p. 358-360.

(45) Pág. 223.—En la inscripcion que colocaron en Quito, Bouguer y La Condamine dan al Tungurahua, antes de la gran erupcion de 1772 y el temblor de tierra de Riobamba (1797), que ocasionó el derrumbamiento de montañas considerables, 15 738 pies. Yo no hallé en 1802, por operaciones trigonométicas, mas que 15 473 pies.

(46) Pág. 223.—Segun Acosta (*Viajes cientificos*, p. 70), al medir barométricamente la cima mas elevada del volcan de Puraz, Francisco José Caldas, que, como mi querido compañero Cárlos Montufar, ha sido víctima de su amor á la independencia de su patria, halló 5 184 metros (15 957 pies). Yo he reconocido que la altura del pequeño cráter, *Azufral del Boqueron*, que vomita ruidosamente vapor de azufre, es de 13 524 pies (véase mi *Coleccion de Observaciones astronómicas y de Operaciones trigonométricas*, t. I, p. 304.

(47) Pág. 224.—El Sangay no es menos notable por su situacion que por su continua actividad. Colocado algo al E. de la Cordillera oriental de Quito, al S. del Rio Pastaza y á 26 millas de la costa mas cercana del Océano Pacífico, es, como los volcanes de las Montañas Celestes del Asia, una objecion á la teoría, segun la cual, las Cordilleras orientales de Chile deben, á su alejamiento del mar, ser protegidas contra las erupciones volcánicas. El ingenioso Darwin no ha dejado de recordar detalladamente en sus *Geological Observations on South América* (1846, p. 185), estas antiguas teorías tan esparcidas sobre los caractéres volcánicos de las costas.

(48) Pág. 224.—He medido el Popocatepetl, que se llama tambien el *Volcan Grande de Méjico*, en la llanura de Tetimba, cerca de la aldea india

Digitized by Google

San Nicolás de los Ranchos, y aun estoy dudoso de si el Popocatepetl es volcan mas alto que el Orizaba ó viceversa (véase *Coleccion de Observaciones astronómicas*, t. II, p. 543.

(49) Pág. 224.—El pico de Orizaba, cubierto de nieves perpétuas, y cuyo lugar geográfico ha sido mal indicado en todos los mapas, hasta mi viaje, por importante que sea para las naves que abordan á Vera-Cruz no ha sido medido trigonométricamente hasta que lo fue por Ferrer (1796). La operacion, ejecutada en el alto del Encero, dió 16 776 pies. Yo he probado lo mismo en una pequeña llanura, cerca de Jalapa, y he hallado 16 302 pies; pero los ángulos de altura eran pequeñísimos y la base difícil de nivelar. Véase Humboldt, *Ensayo político sobre la Nueva España*. 2.ª edicion, t. I, 1825, p. 166; *Atlas de Méjico* (mapa de las falsas posiciones) lám. X, *Misceláneas de Física general y de Geología*, t. I, p. 519.

(50 Pág. 224.—Humboldt, *Ensayo sobre la geografía de las Plantas*, 1807, p. 153. La altura es incierta y se ha exagerado quizá mas de $^1/_{15}$.

(51) Pág. 224.—He medido, en 1802, el cono truncado del volcan de Tolima, situado en la estremidad oriental del Páramo de Quindiu, en el *Valle del Carvajal*, cerca de la pequeña ciudad de Ibaga. Se ve tambien esta montaña desde la meseta de Bogota, á lo lejos. Caldas halló á gran distancia, por una combinacion algo complicada, un resultado bastante aproximado al mio (17 292 pies). Véase *Semanario de la Nueva Granada, nueva edicion, aumentada por J. Acosta*, 1849, p. 349.

(52) Pág. 224.—La altura absoluta del Volcan de Arequipa ha sido tan diversamente evaluada, que es difícil diferenciar las simples estimaciones de las medidas verdaderas. Un sabio distinguidísimo, el doctor Hænke, de Praga, agregado como botánico al viaje de circunnavegacion de Malaspina, ha hecho la ascension del volcan de Arequipa en 1796, y hallado en la cumbre una cruz que habia sido puesta allí doce años antes. Hænke, dícese, midió trigonométricamente el volcan, y encontró 19 080 pies sobre el nivel del mar. Este número, demasiado elevado, proviene sin duda de una inexactitud en la altura absoluta de la ciudad de Arequipa, alrededor de la cual se hizo la operacion. Si Hænke hubiese estado provisto de un barómetro, un botánico, que no tenia ninguna esperiencia de las medidas trigonométricas, no habria recurrido á este procedimiento. Despues de Hænke, el primero que ha subido al Arequipa es Curzon, de los Estados Unidos (*Boston philosophical Journal*, nov. de 1823, p. 168). Pentland en 1830, evaluaba la altura de este volcan en 5 600 metros (*Anuario del Bureau de Longitudes para el año* 1830, p. 325), y he adoptado este resultado para mi mapa hipsométrico de la

Digitized by Google

Cordillera de los Andes, publicado en 1831. La medida trigonométrica de Dolley, oficial de la marina francesa, que tuvo la bondad de comunicarme en 1826 el capitan Moges, de París, está muy de acuerdo con el número de Pentland, $^1/_{47}$ próximamente. Dolley ha observado, por medio de operaciones trigonométricas, que la cumbre del volcan de Arequipa tiene 10,348 pies de alto, y el del Charcani 11,126 pies, sobre la llanura en que se levanta la ciudad de Arequipa. Si se adopta como altura de Arequipa, 7,852 pies ingleses, segun las medidas trigonométricas de Pentland y de Rivero, la operacion trigonométrica de Dolley da, para el volcan de Arequipa, 17 712 p. (2 952 t); para el volcan Charcani, 18 492 p. (3,082 t.); el número indicado por Pentland en la tabla de alturas adjunta á la *Physical Geography* de Mary Somerville, 3.ª ed., t. II, p. 454), es exactamente de 7,852 pies ingleses. Para la operacion de Rivero, véase el *Memorial de Ciencias Naturales*, t. II, Lima, 1828, p. 65; véase tambien Meyen, *Reise um die Erde*, t. II, 1835, p. 5. Sin embargo, la tabla de las alturas formada por Pentland atribuye al volcan de Arequipa una altura de 20 320 pies ingleses ó 6 190 metros, es decir, unos 1 800 pies mas que la medida de 1830. Por otra parte, este número es idéntico á la medida trigonométrica de Hænke, que data del año 1796. Los *Anales de la Universidad de Chile* (1852, p. 221), no dan, por el contrario, á este volcan mas que 5 600 metros ó 17 640 pies de París, es decir, 590 de menos. ¡Triste estado de la hipsometría!

(53) Pág. 224.—Boussingault, acompañado del sabio coronel Hall, ha llegado casi á la cumbre del Cotopaxi. Segun sus medidas barométricas, haalcanzado la altura de 5 746 metros. No estuvo separado de los bordes del cráter mas que por un pequeño espacio, pero la nieve muy poco sólida le impidió avanzar. La evaluacion de Bouguer es quizá demasiado defectuosa, porque su cálculo trigonométrico, algo complicado, depende de la hipótesis que habia adoptado para la altura de Quito.

(54) Pág. 224.—El Sahama, que segun Pentland está aun en actividad (*Anuario del Bureau de Longitudes* para 1830, p. 321), se halla, en su nuevo mapa del valle de Titicaca (1848) al E. de Arica, en la Cordillera occidental, como de 871 pies mas alto que el Chimborazo, y en la relacion de 30 á 1 con el volcan mas pequeño del Japon, que es el Cosima. He renunciado á señalar como del quinto grupo el Aconcagua de Chile, que tiene, segun Fitzroy (1835), 21,767 pies de altura, y con las correcciones de Pentland 22 431, ó, segun la última medida del capitan Kellet, que observaba en la fragata *Herald* (1845), 23,004 pies ingleses, porque el desacuerdo de Miers (*Voyage to Chili*, t. I; p. 283) y de Derwin *Journal of Researches into the Geology and Natural History of the various countries visited by the Beagle*, 2.ª *ed.*, p. 291), permite dudar que esta mon-

Digitized by Google

taña colosal sea un volcan aun en actividad. Mary Somerville, Pentland y Gillis (*Naval Astron. Expedit.*, t. I, p. 126), se han decidido por la negativa. Darwig dice: «I was surprised at hearing that the Aconcagua was in action the same night (15 de enero de 1835), because this mountain most rarely shows any sign of action.»

(55) Pág. 225.—Estas masas de porfiro ostentan una gran potencia, sobre todo cerca del Illimani, en Cenipampa (altura, 14 962 p.) y en Totorapampa (altura, 12 860 p.) Un porfiro cuarcífero micáceo, que contiene granates y fragmentos angulosos de esquistos silíceos, forma la cima superior del célebre cerro del Potosí, rico en minas de Plata. Estos datos están tomados de los manuscritos de Pentland (1832). El Illimani, cuya altura evaluaba Pentland al principio en 7 315 metros, y mas tarde á 6 445, se ha medido desde 1847 con gran esmero por el ingeniero Pissis, que al hacer el cálculo trigonométrico de la llanura de Bolivia, halló por término medio, para el Illimani, por tres triángulos trazados entre Calamarca y La Paz, 6 509 metros; número que no difiere de la última estimación de Pentland mas que en 64 metros. Vease *Investigaciones sobre la altura de los Andes*, en los *Anales de Chile*, 1852, p, 217 y 221.

(56) Pág. 226.—Waltershansen, *Geognost. Skizzevon Island*, p. 103 y 107.

(57) Pág. 227.—Véase Strabon, l. VI, p. 276, ed. Casaub. Léese en Plinio (*Hist. Natur.*, l. III, c. IX): «Strongyle, quæ a Lipara liquidiore flamma tantum differt; e cujus fumo quinam flaturi sint venti, in triduo prædicere incolæ traduntur.» Véase Urlichs, *Vindiciæ Plinianæ*, 1853, p. 39. El volcan en otro tiempo tan activo de Lipara, situado en la parte N. E. de la isla, me parece que es el *Monte Campo bianco*, ó el *Monte di Capo Castagno* (véase tambien Hoffmann, en los *Annalen* de Poggendorff, t. 26, p. 49-54).

(58) Pág. 228.—*Cosmos*, t. I, p. 201 y 413 (nota 7). Berg, que habia publicado antes una obra pintoresca titulada: *Physiognomie der tropischen Vegetation von Sud-Amerika*, partió en 1853 de Rodas y de la bahía de Myra (Andriaz) para visitar la Quimera de Lycia, cerca de Yanartasch y de Deliktasch (la palabra turca *Deliktasch* significa *piedra agujereada*, de *tasch*, que quiere decir *piedra*, como *dâgh* y *tâgh*, *montaña*, y de *delik* agujero). El viajero no empezó á ver la serpentina sino cerca de Adrasan, mientras que Beaufort halló ya cerca de la isla de Garabusa (y no Grambusa), al S. del cabo Chelidonia, la serpentina oscura superpuesta al calizo y mezclada con él. En los manuscritos de Berg se lee lo siguiente: «No lejos de las ruinas del antiguo templo de Vulcano se elevan las de una iglesia cristiana, construida conforme al último estilo bizantino; vénse aun allí restos de la nave y de dos capillas laterales.

Digitized by Google

En un antepatio colocado al E., la llama sale de la serpentina por una abertura parecida á una chimenea, de 2 pies de anchoy 1 de altura, que se eleva de 3 á 4 pies, y esparce un olor agradable, sensible á 40 pasos de distancia. ¿Proviene este olor de la existencia de una fuente de nafta? Al lado de esta gran llama y fuera de la abertura de que acabamos de hablar, se perciben, en las fisuras laterales, gran número de pequeñas lenguas de fuego que jamás se apagan. La roca en contacto con dicha llama está muy ennegrecida, formándose un hollin que se recoje con cuidado para aplicarlo á los párpados que están malos, y que se destina principalmente á teñir las cejas. El calor que esparce la llama de la Quimera es casi insoportable á tres pasos. Un trozo de madera seca se prende fuego, si se le acerca á la abertura y se le aproxima á la llama, aun sin que toque á ella. En el sitio donde la antigua pared está pegada á la roca, se escapa tambien gas á través de las piedras del muro. Este gas, probablemente de una temperatura menos elevada, ó mezclado distintamente, no se inflama por sí mismo, sino únicamente al contacto de una luz. En el interior de las ruinas, á 8 pies bajo el punto en que el volcan es mas activo, se halla una abertura redonda, de 6 pies de profundidad y 3 de ancho, que probablemente estaba abovedada otras veces, porque, en la estacion húmeda, sale de allí una fuente, al lado de una fisura, sobre la cual se agita una pequeña llama. Berg indica en su plano topográfico las relaciones geográficas de las capas de aluvion formadas de calizo (terciario?) y de serpentina.

(59) Pág. 228.—La noticia mas antigua y mas importante sobre el volcan de Masaya se encuentra en un manuscrito de Oviedo (*Historia de Nicaragua*, c. V-X) que se ha traducido, hace catorce años solamente, por Ternaux-Compans, coleccionador de documentos muy distinguidos, y forma un volúmen de los *Viajes*, *Narraciones y Memorias originales para la historia y el descubrimiento de la América.* Véase tambien Lopez de Gomara, *Historia general de las Indias*, Zaragoza, 1553, fól. CX B, y entre las obras mas recientes: Squier, *Nicaragua its People, Scenery and Monuments*, 1853, t. I, p. 211-223, y t. II, p. 17, Este volcan, en permanente actividad, era tan célebre, que en la Biblioteca Nacional de Madrid se halla una Monografía con este título: *Entrada y descubrimiento del volcan de Masaya, que está en la prov. de Nicaragua, fecha por Juan Sanchez del Portero.* El autor de esta monografía era uno de los que, en las singulares empresas del dominicano Fray Blas de Iñesta, bajaron al interior del cráter (véase Oviedo, *Hist. de Nicaragua*, 141).

(60) Pág. 229.—Léese en la traduccion francesa de la obra de Oviedo, que no se ha publicado en español (p. 123 y 132): «No se puede decir, sin embargo, que del cráter sale precisamente una llama, sino mas bien

Digitized by Google

humo tan ardiente como el fuego, que no se ve de lejos durante el dia, sino de noche. El volcan da tanta luz como la luna algunos dias antes de su plenilunio.» Esta observacion tan antigua sobre la problemática iluminacion de un cráter y de las capas de aire que le rodean no carece de importancia, por las dudas que se han suscitado frecuentemeute en estos últimos tiempos sobre si los cráteres de los volcanes exhalan ó no hidrógeno. Aunque el *Infierno de Masaya*, en su estado ordinario, tal como lo hemos descrito, no vomita escorias ni cenizas, «cosa que hacen otros volcanes,» añade Gomara, algunas veces, sin embargo, ha visto verdaderas erupciones de lava, la última probablemente en 1670. Desde esta época, el volcan se ha estinguido completamente. La iluminacion incesante habia durado 140 años. Stephens, que ha visitado el volcan de Masaja en 1840, no halló ningun vestigio sensible de combustion.—Sobre la lengua Chorotega, sobre la significacion de la palabra *Masaya* y sobre los Maribios, veanse las ingeniosas investigaciones etnográficas de Buschmann, *Ueber aztekischen Ortsnamen*, p. 130, 140 y 171.

(61) Pág. 230.—«Los tres compañeros convinieron en decir que habian encontrado grandes riquezas; y Fray Blas, á quien tengo por hombre ambicioso, refiere, en su Narracion, el juramento que él y los asociados hicieron sobre el Evangelio de persistir para siempre en su opinion de que el volcan contiene oro mezclado con plata en fusion.» (Oviedo, *Descripcion de Nicaragua*, c. X, p. 186 y 196). El *Cronista de las Indias* se mostró muy indignado de un cuento de Fray Blas, en el que se asegura que Oviedo, habia pedido al Emperador, para sus armas, «el infierno de Masaya.» Este recuerdo geognóstico no hubiera sido contrario á los hábitos del tiempo, porque el valiente Diego de Ordaz, que se vanagloriaba de haber penetrado en el fondo del cráter del Popocatepetl, cuando la primera invasion de Cortés al valle de Méjico, recibió la imágen de este volcan como un ornamento heráldico. Del mismo modo, Oviedo recibió la constelacion de la Cruz del Sud, y ya antes se habia hecho homenaje á Colon de un fragmento de mapa de las Antillas. Véase Humboldt, *Exámen critico de la historia de la Geografía*, t. IV, p. 235-240.

(62) Pág. 230.—Humboldt, *Cuadros de la Naturaleza*, t. II, p. 270.

(63) Pág. 231.—Squier, *Nicaragua, its People and Monuments*, t. II, p. 104. Véase tambien Bailey, *Central América*, 1850, p. 75.

(64) Pág. 231.—*Memorie geologiche sulla Campania*, 1049, p. 61. Tengo observado que la altura del Jorullo es de 1,578 pies sobre la llanura en que se halla, y de 4,002 pies sobre el nivel del mar.

Digitized by Google

(65) Pág. 232.—La Condamine, *Diario del Viaje al Ecuador*, p. 163, y *Medida de tres grados del Meridiano del hemisferio austral*, p. 56.

(66) Pág. 232.—En casa del marqués de Selvalegre, padre de mi desgraciado compañero Cárlos Montufar, se sospechaba frecuentemente que los *bramidos*, que se asemejaban á las descargas lejanas de una batería de gruesa artillería, y cuya intensidad era en estremo desigual, sin que el viento cambiase, ni se hubiesen producido variaciones en el estado barométrico ó termométrico del aire, no provenian del Sangay; se los atribuia al Guacamayo, montaña, 10 millas geográficas mas próxima, al pie de la cual hay un camino que conduce de Quito á las llanuras de Archidona y del Rio Napo, atravesando la Hacienda de Antisana (véase mi mapa especial de la provincia de Quixos, n.º 23 de mi *Atlas geográfico y físico de la América*, 1814-1834). Don Jorje Juan, que ha oido tronar el Sangay de mas cerca que yo, en Pintac, solo á algunas millas de la *hacienda de Chillo*, dice terminantemente que los *bramidos*, que él llama *ronquidos del Volcan* (*Relacion del Viaje á la América meridional*, parte 1.ª, t. II, p. 569), pertenecen al Sangay ó Volcan de Macas, cuya voz, si se puede usar esta espresion, se reconoce fácilmente. Esta voz parecia al astrónomo español muy ronca; por lo cual prefiere llamarla ronquido á bramido. El ruido tan horrendo del Pichincha, que he oido varias veces durante la noche, en la ciudad de Quito, sin que le hayan seguido sacudidas terrestres, tiene un sonido claro, que parece provenir de cadenas que se mueven ó masas de vidrio que resbalan. Wisse describe los *bramidos* del Sangay ya como el retemblar de un trueno, ya como un ruido brusco y seco, semejante al fuego de peloton. De la cumbre del Sangay hasta Payta y San Buenaventura, en la provincia de Choco, á donde estos ruidos han llegado, hay 63 y 87 millas geográficas, en la direccion S. O. (véase el *Mapa hipsómetrico de las Cordilleras*, y el *Mapa de la provincia de Choco*, n.º 3 y 23 de mi *Atlas geográfico y físico*). Asi, pues, en medio de esta potente naturaleza, han podido distinguirse la voz de cuatro volcanes, partiendo de puntos aproximados, á saber: el Sangay, el Guacamayo, el Tungurahua y el Cotopaxi, el mas cercano de Quito, cuyos estallidos oí en el mes de febrero de 1803, en el mar del Sur (véase Humboldt, *Misceláneas de Geologia y de Fisica general*, t. I, p. 435). Los antiguos señalaban tambien la diferencia del ruido que un mismo cráter hacia oir en las islas Eolicas, en diversas épocas (véase Strabon, l. VI, p. 276). Cuando la gran erupcion del volcan de Conseguina, en la costa del Océano Pacífico, á la entrada del golfo de Fonseca (23 de enero de 1835), el sonido se propagó bajo tierra con tal fuerza, que se oyó muy distintamente en la llanura de Bogotá, separada del volcan por una distancia igual á la que media entre el Etna y Hamburgo (véase Acosta, en los *Viajes científicos de Boussingault á los Andes* 1849, p. 56).

Digitized by Google

(67) Pág. 233.—*Cosmos*, t. IV, p. 161.

(68) Pág. 235.—Vease Strabon, l. V, p. 248, ed. de Casaub. (ἔχει κοιλίας τινάς), y l. VI, p. 276. El geógrafo de Amasia (l. VI, p. 258), se espresa con gran sentido geológico, sobre el doble modo de formacion de las islas, como sigue: «Algunas islas (y las nombra) son fragmentos del continente, otras han surgido del fondo del mar, y esto acontece aun hoy. Probablemente asi han salido las islas de alta mar; siendo por el contrario mas razonable considerar las que se encuentran próximas á los promontorios, y no están separadas de estos mas que por un estrecho, como destacadas de la tierra firme.» El pequeño grupo de las Pitecusas se componia de Ischia, seguramente la que se llamaba en su orígen Ænaria, y de Procida ó Prochyta. ¿Por qué se representaba este grupo como habiendo sido habitado por monos? ¿Porqué los Griegos y los Tírrenos de Italia, y por consiguiente los Etruscos, lo designaban todos del mismo modo? Punto es este que ha quedado muy oscuro. Esta significacion se refiere quizá al mito, segun el cual Júpiter trasformó á los antiguos habitantes en monos. El nombre de monos, ἄριμοι (Strabon, l. XIII, p. 626), recuerda á Arima ó los Arimos de Homero y de Hesiodo (*Iliada*, l. II, v. 783; *Teogonia*, v. 301). Las palabras εἰν Ἀρίμοις de Homero se hallan reunidas en algunos manuscritos, y los autores romanos han reproducido esta contraccion. Véanse Virgilio, *Eneida*, l. IX, v. 716; Ovidio, *Metamórfosis*, l. XIV, v. 88. Plinio, (*Historia natural*, l. III, c. 5), dice seriamente: «Ænaria, Homero Inarime dicta, Græcis Pithecusa....» Entre los antiguos, háse buscado el país de los Arimos de Homero, la morada de Tifon, en Cilicia, en Misia, en Lidia, en las Pitecusas volcánicas, cerca del *cráter Puteolanus*, en el pais de fuego de la Frigia, en que estuvo Tifon, y aun en la Καταικαυμένη. Difícil es admitir que hayan habitado monos en los tiempos históricos, la isla de Ischia, situada tan lejos de la costa africana; pues esto es tanto menos probable cuanto que la presencia de los monos, en época remota, en el peñon de Gibraltar aun no está probada, segun he hecho ver ya en otra parte; y tambien porque Edrisi, escritor del siglo XII, y otros geográfos árabes, que describen con tantos detalles el estrecho de Hércules, no hacen de ellos mencion. Plinio niega la existencia de los monos de Ænaria, pero da al nombre de Pitecusa la etimología mas inverosimil, haciéndole derivar de πίθος, dolium (a figlinis doliorum). Los hechos esenciales que resaltan de este exámen, son á mi juicio, dice Bœckh, que Inarima aparece como nombre de las Pitecusas, que debe su orígen á la sábia interpretacion no menos que á la ficcion, como de Corcyra se ha derivado Scheria, y que á Eneas no se le ha relacionado con las Pitecusas (Æneæ insulæ) sino por los Romanos, que pretenden reconocen por todas partes enestas comarcas al autor de su raza. Naevius parece confirmar

Digitized by Google

tambien las relaciones de Eneas con las Pitecusas, en el primer libro de las *Guerras púnicas*.

(69) Pág. 235.—Píndaro, *Píticas*, I, 31. Véase Strabon, l. V, p. 245 y 248; l. XIII, p. 627. Hemos hecho observar antes (*Cosmos*, t. IV, p. 186) que Tifon huyó del Cáucaso al mediodia de Italia, y que este mito parecia indicar que los volcanes de la grande Grecia son de orígen mas reciente que los del istmo del Cáucaso. No es posible separar de la geografía de los volcanes y de su historia el estudio de los mitos populares; porque frecuentemente estos dos órdenes de hechos se aclaran reciprocamente. Háse reconocido como causa general de las erupciones volcánicas y de los temblores de tierra, que pasaban por ser la mayor de las fuerzas motrices en la superficie de la Tierra, el viento, el πνεῦμα encerrado (Aristóteles, *Meteo.*, l. II, c. 8, 3). La idea que Aristóteles tenia de la naturaleza descansaba sobre la influencia recíproca del aire esterior y del aire subterráneo, sobre una teoria de evaporacion y sobre la diferencia del calor y del frio, de lo húmedo y de lo seco (Aristóteles, *Meteo.*, l. II, c. 8, 1; 25, 31, y 9, 2). Cuanto mayor es la masa de los vientos encerrados en cavernas subterráneas y submarinas, ó en otros términos, cuanto mayor es su dificultad para moverse rápidamente á lo lejos, que es el carácter propio de su naturaleza, son las erupciones mas considerables. «Vis fera ventorum, cæcis inclusa cavernis,» dice Ovidio (*Metam.*, l. XV, v. 299). Existe una relacion particular entre el pneuma y el fuego. Τὸ πῦρ ὅταν μετὰ πνεύματος ᾖ, γίνεται φλὸξ καὶ φέρεται τᾶχέως (Aristóteles, *Meteorol.*, l. II, c. 8, 3); Καὶ γὰρ τὸ πῦρ οἷον πνεύματός τις φύσις (Teofrasto, *de Igne*, § 30, p. 715). El pneuma es tambien el que al quedar repentinamente libre, envia de lo alto de las nubes el rayo que brilla é inflama (πρηστήρ). Strabon (l. XIII, p. 628), dice: «Enséñanse aun, en la parte de la Lydia llamada Καταικαυμένη, tres abismos, alejados uno de otro 40 estadios por lo menos, y que se llaman *fuelles*. Encima se elevan colinas escarpadas, levantadas probablemente por la hinchazon de materias incandescentes. Strabon habia manifestado ya antes (l. I, p. 57), que durante cuatro dias consecutivos, salian llamas del mar entre las islas Tera y Terasia, en el grupo de las Cicladas, de suerte que «todo el mar estaba ardiendo y en efervescencia, elevándose poco á poco como con ayuda de palancas, una isla compuesta de masas incandescentes.» Atribúyense todos estos fenómenos tan bien descritos al viento comprimido, que obra como vapores elásticos. La antigua física hacia poco caso de las diferentes formas de la materia; es dinamica, y se fija en la medida de la fuerza motriz. No se halla indicio de la opinion segun la cual el calor, aumentando con la profundidad, produce los volcanes y los temblores de tierra, sino á fines del siglo III, y aun así, solo como parecer aislado de un obispo que vivia

Digitized by Google

en Africa en tiempo de Diocleciano (*Cosmos*, t. IV p. 176). El Piriflegeton de Platon, arrastrando sus olas (por decirlo asi) de fuego hácia el interior de la Tierra, alimentaba todos los volcanes que vomitan lava (véase mas arriba, p. 236). De suerte que lo que creemos poder esplicar hoy por otros símbolos se halla ya en gérmen en el círculo estrecho de las idcas que fueron los primeros presentimientos del género humano.

(70) Pág. 235.—Platon, *Fedon*, p. 113 B: *οὗτος δ'ἐστὶν ὃν ἐπονομάζουσι Πυριφλεγέθοντα, οὗ καὶ οἱ ῥύακες ἀποσπάσματα ἀναφυσῶσιν, ὅπῃ ἂν τύχωσι τῆς γῆς.»*

(71) Pág. 237.—Mount Edgecombe, ó montaña de San Lázaro, sobre la isleta llamada por Lisiansky *Croze's Island*, que está situada en el estrecho de Norfolk, al O. y cerca de la parte setentrional de la isla Sitka ó Baranow. La montaña San Lázaro habia sido ya vista por Cook. Es una colina compuesta de basalto rica en olivina y traquito feldespático, de 2,600 pies de altura solamente. Su última gran erupcion, que ha lanzado mucha piedra pomez á la superficie, data del año 1796 (véase Lutké, *Viaje alrededor del Mundo*, 1836, t. III, p. 15). Ocho años mas tarde, el capitan Lisiansky ha subido hasta la cumbre, donde existe un cráter-lago, no habiendo encontrado en toda la montaña ningun vestigio de actividad volcánica.

(72) Pág. 238.—Bajo la dominacion española, en 1781, el ingeniero D. José Galisteo halló, para la superficie de la laguna de Nicaragua, solo seis pies mas que Baily, en sus diversas nivelacione sde 1838 (véase Humboldt, *Relacion histórica*, t. III, p. 321).

(73) Pág. 239.—Belcher, *Voyage round the World*, t. I, p. 185. Segun mis observaciones cronométricas, me hallaba durante la tempestad de los Papagayos, á 19° 11 O. de longitud del meridiano de Guayaquil, es decir, á 101° 29' O. de París, y á 220 millas geográficas del litoral de Costa-Rica.

(74) Pág. 239.—Mi primer trabajo sobre la hilera de los 17 volcanes de Guatemala y de Nicaragua se encuentra en el diario geográfico de Berghaus (*Hertha*, t. VI, 1826, p. 131-161). A escepcion del antiguo *Cronista* Fuentes (l. IX, c. 9), no podia por entonces compulsar mas que la importante obra de Domingo Juarros: *Compendio de la Historia de la ciudad de Guatemala*, los tres mapas de Galisteo, trazados en 1781 bajo las órdenes del virey de Méjico Matías de Galvez, los trabajos de José Rossi y Rubí, *Alcalde mayor de Guatemala* (1800), y los de Joaquin Ysasi y de Antonio de la Cerda, *Alcalde de Granada*, del que poseia una gran parte manuscrita. Buch ha completado magistralmente mi primer bosque-

Digitized by Google

jo, en su *Descripcion física de las islas Canarias* (1836, p. 500-514). Pero la incertidumbre de la sinonimia geográfica y la confusion que de esta ha resultado en los nombres, han engendrado bastantes dudas, disipadas despues en gran parte por el magnífico mapa de Baily y Saunders, por el libro de Molina: *Bosquejo de la República de Costa-Rica*, y por la grande é importante obra de Squier: *Nicaragua, its People and Monuments with tables of the comparative heights of the mountains in Central America*, 1852 (véase sobre todo t. I, p. 418, y t. II, p. 102). La gran Narracion que el doctor Œrsted nos promete próximamente bajo el título de *Schilderung der Naturverhältnisse von Nicaragua und Costa-Rica*, esparcirá nueva luz sobre el estado geognóstico de la América central, independientemente de los escelentes trabajos de botánica y zoología que son el objeto principal de la obra. Œrsted ha recorrido este país en todos sentidos, desde 1846 á 1848, y llevado á Copenhague una coleccion de rocas. Debo á sus benévolas indicaciones rectificaciones muy interesantes al trabajo incompleto que yo habia publicado. Hoy, segun los materiales que he comparado cuidadosamente, y entre los cuales necesario es incluir las preciosas investigaciones del Cónsul general prusiano en la América central, Hesse, clasifico los volcanes de la América central, en la direccion de S. á N., como sigue:

Sobre la meseta central de Cartago (4,360 pies de altura), en la República de Costa-Rica, se cuentan, á 10° 9′ de lat., los tres volcanes Turrialva, Irasu y Reventado, de los que los dos primeros están aun en actividad.

El volcan de Turrialva * (de unos 10,300 pies de altura), segun Œrsted, no está separado del Irasu mas que por una quiebra estrecha y profunda. Nadie ha llegado aun á la cumbre de este volcan, del que se escapan columnas de humo.

El volcan Irasu *, llamado tambien volcan de Cartago (10,412 pies de altura) al N. E. del volcan Reventado; es el foco principal de la actividad volcánica en la provincia de Costa-Rica. De muy fácil acceso, sin embargo: del lado del S. se halla dispuesto en terraplenes, de suerte que se puede subir á caballo casi hasta la cumbre, desde donde se distinguen los dos mares de las Antillas y océano Pacífico. El cono de cenizas y de rapillis, de unos 1,000 pies de altura, nace de en medio de un muro ó cráter de levantamiento. El verdadero cráter, que tiene 7,000 pies de circunferencia y jamás arrojó corrientes de lava, se encuentra en la parte N. E. de la cumbre, que es la mas llana. A sus erupciones de escorias (1723, 1726, 1821 y 1847) han acompañado de ordinario temblores de tierra, que destruyeron ciudades enteras, dejándose sentir desde Nicaragua ó Rivas hasta Panamá (Œrsted). Desde la última ascension del Irasu por el doctor Hoffmann, á principios de Mayo 1855, ha podido estudiarse con mas atencion el cráter de la cumbre y sus bocas eruptivas.

Digitized by Google

Segun la medida trigonométrica de Galindo, la altura del volcan es de 12,000 pies españoles, suponiendo la *vara* de Castilla de 0t 43 (*Bonplandia*, año 1856, n.º 3).

El Reventado (8,900 pies de altura), con un cráter profundo, en el cual se ha caido el borde meridional. Este cráter estaba otras veces lleno de agua.

El volcan Barba (de 7,900 pies de alto), al N. de San José, capital de Costa-Rica, con un cráter que encierra muchos lagos pequeños.

Entre Barba y Orosi se halla una fila de volcanes que atraviesa casi en sentido opuesto la cadena principal, que sigue, en las provincias de Costa-Rica y de Nica ragua, la direccion S. E. al N. O. En la estremidad oriental de esta falla, se cuentan: Miravalles y Tenorio, ambos de unos 4,400 piés de altura; en el medio, al S. E. del Orosi, el volcan Rincon, llamado tambien *Rincon de la Vieja** (Squier, t. II, p. 102), que cada primavera, al principio de la estacion de las lluvias, lanza pequeñas erupciones de cenizas; por ultimo, en la estremidad occidental, cerca de la pequeña ciudad de Alajuela, el volcan Votos*, rico en azufre (7,050 pies de altura). El doctor Œrsted compara esta falla trasversal del E. al O., que señala la direccion de la actividad volcánica, con la que, en los volcanes de Méjico, une ambos mares.

El Orosi*, aun en actividad, en la parte mas meridional del Estado de Nicaragua (4,900 pies de altura); es probablemente el *volcan del Papagayo* del mapa marino del *Depósito hidrográfico*.

Los dos volcanes Mandeira y Ometepec* (3,900 y 4,900 pies de altura), sobre una isleta que los habitantes aztecas de esta comarca llaman *ome tepetl*, es decir, las dos montañas (Buschmann, *Aztekische Ortsnamen*, p. 171 y 178), en la parte occidental de la Laguna de Nicaragua. El volcan insular Ometepec, que Juarros denomina equivocadamente Ometep (*Hist. de Guatem.*, t. I, p. 51), está aun en actividad. Se halla un dibujo de él en Squier (t. II, p. 235).

El cráter estinguido de la isla de Zapatera, que se eleva poco sobre el mar. La época de sus antiguas erupciones es totalmente desconocida.

El volcan de Momobacho, en el borde occidental de la Laguna de Nicaragua, algo al S. de Granada. Como esta ciudad está situada entre el volcan de Momobacho llamado tambien Mombacho (Oviedo, *Nicaragua*, tr. por Ternaux, p. 225) y el de Massaya, los pilotos designan ya á la una, ya á la otra de estas dos montañas cónicas bajo el nombre de volcan de Granada.

El volcan Massaya ó Masaya, de que hemos hablado largamente antes (p. 228-230), era otras veces, por su actividad, una especie de Stromboli; pero desde la gran erupcion de lava de 1670, está completamente estinguido. Segun las interesantes relaciones del doctor Scherzer (*Sitzungsberichte der philos. histor. Classe der Akademie der Wissensch. zu Wien*,

Digitized by Google

t. XX, p. 58), se han visto salir de nuevo, en Abril de 1853, nubes de vapor de un cráter recientemente abierto. El volcan de Massaya está situado entre los lagos de Nicaragua y de Managua, al O. de Granada. Massaya y Nindiri no son un solo volcan; sino, segun espresion del doctor Œrsted, «dos volcanes gemelos con dos cumbres y dos cráteres diferentes, que han arrojado lava.» La corriente despedida por el Nindiri, en 1775, fué á caer en el lago de Managua. La altura igual de estos dos volcanes tan próximos se estima en 2,300 p.

El volcan de Momotombo* (6,600 pies de altura) aun en actividad, hace oir frecuentes detonaciones, aunque sin humo. Está situado á los 12° 28′ de lat., en el borde setentrional de la Laguna de Managua, enfrente de la isleta Momotombito, que posee muchos monumentos de escultura (véase el dibujo de Momotombo, en Squier, t. I, p. 233 y 302-312). La Laguna de Managua se halla 26 pies mas alta que la de Nicaragua que es dos veces mayor, y no contiene ningun volvan.

Desde allí hasta el golfo de Fonseca ó Conchagua se suceden, á una distancia de 5 millas del Pacífico y en la direccion S. E á N. O., 6 volcanes colocados en fila y próximos entre sí, y á los cuales se conoce con el nombre colectivo de *los Maribios* (véase Squier, t. I, p. 419, t. II, p. 123).

El Nuevo*, llamado sin razon *volcan de las Pilas*, porque la erupcion del 12 de Abril de 1850 tuvo lugar al pie de esta montaña. Asi pues, una fuerte erupcion de lava se ha abierto paso casi en la llanura (véase Squier, t. II: p. 105-110).

El volcan de Telica*, visitado desde la primera mitad del siglo XVI (hácia 1529), durante su periodo de actividad por Oviedo; hállase al E. de Chinendaga, cerca de Leon de Nicaragua, y por consiguiente algo fuera de la direccion antes indicada. Esta importante montaña volcánica vomita muchos vapores sulfurosos de un cráter que no mide menos de 300 pies de profundidad. Mi amigo el profesor Frœbel, muy versado en el conocimiento de la historia natural, ha subido á este volcan, hace algunos años, encontrando que la lava se componia de feldespato vitreo y de augita (véase Squier, t. II, p. 115-117). En la cumbre, que se eleva á 3,300 pies, existe un cráter, en el cual depositan los vapores masas considerables de azufre. A su pie hay una fuente cenagosa que es quizá una salsa.

El volcan el Viejo,* el mas setentrional de los 6 alineados; á él llegó, midiéndole, el capitan Belcher, en 1838, dándole 5,630 pies. Este volcan, muy activo ya en la época de Dampier, aun está en actividad. En la ciudad de Leon se ven á menudo sus erupciones de escorias inflamadas.

El volcan Guanacauro, algo mas al N., y fuera de la hitera volcánica que va del *Nuevo* al *Viejo*, á 3 millas solamente del golfo de Fonseca.

El volcan Conseguina*, en el promontorio de la estremidad S. del gran golfo de Fonseca (lat. 12° 50′); debe su celebridad á la terrible

Digitized by Google

gran golfo de Fonseca (lat. 12° 15′); debe su celebridad á la terrible erupcion de 23 de Enero de 1835, de antemano anunciada por temblores de tierra. La profunda oscuridad que causaron sus cenizas, análoga á la que ha producido algunas veces el mismo fenómeno en el Pichincha, duró 43 horas. A la distancia de algunos piés no podian distinguirse antorchas encendidas; la respiracion se fatigaba; oíase un ruido subterráneo semejante á detonaciones de artillería, no sólo en Baliza, en la península de Yukatan, sino tambien en el litoral de la Jamaica y en la meseta de Bogotá, es decir á una altura de mas de 8,000 piés sobre el nivel del mar y á una distancia de cerca de 140 millas geográficas. (véase Juan Galindo en el *American Journal* de Silliman, t. XXVIII, 1835, p. 332-336; Acosta, *Viajes á los Andes*, 1849, p. 56, y Squier, t. III, p. 110-113, y respecto del dibujo, p. 163 y 165). Darwin (*Journal of researches during the voyage of the Beagle*, 1845, c. 14, p. 291) llama la atencion acerca de una coincidencia bastante notable: despues de un largo silencio, el volcan Conseguina, en la América Central, los volcanes Aconcagua y Corcovado, en Chile (lat. austr. 32° 3/4 y 43° 1/3, entraron en erupcion el mismo dia. ¿Semejante coincidencia es fortuita?

El volcan de Conchagua ó de Amalapa, á la entrada setentrional del golfo de Fonseca, enfrente del volcan Conseguina, cerca del hermoso *Puerto de la Union*, de la ciudad de San Miguel.

Los veinte volcanes colocados en apretada fila siguen pues la direccion del S. E. al N. O., á partir del Estado de Costa-Rica hasta el volcan de Conchagua; pero al penetrar en el Estado de San Salvador, que, en una estension de 40 millas de longitud, cuenta cinco volcanes mas ó menos activos, la hilera toma, como la costa del Pacífico, la direccion de E. S. E. á O. N.O. casi la de E. á O., mientras que la costa oriental del mar de las Antillas se hincha súbitamente de una manera sensible en el Estado de Honduras y de los Mosquitos, hácia el cabo de *Gracias á Dios* La direccion primitiva y general, N. 45° O., no vuelve á empezar hasta la Laguna de Atitlan, á partir de los altos volcanes que desde la antigua ciudad de Guatemala se suceden en la direccion del N., como ya hemos hecho notar, hasta que la direccion anómala de E. á O, reaparece de nuevo, en Chiapa y en el istmo de Tehuantepec; pero esta vez indicada por cadenas no volcánicas.

El Estado de San Salvador encierra, además del Conchagua, los cuatro volcanes siguientes:

El volcan de San Miguel Bosotlan * (lat. 13° 35′), cerca de la ciudad de su nombre; cono traquítico el mas hermoso y regular que existe, á escepcion del islote volcánico de Ometepec, en el lago de Nicaragua (Squier, t. II, p. 196). Las fuerzas volcánicas son muy activas en el Bosotlan, que tuvo una gran erupcion de lava el 20 de Julio de 1844.

El volcan de San Vicente *, al O. del Rio de Lempa, entre las ciudades de Sacatecoluca y Sacatelepe, que ha vomitado, segun Juarros, gran

Digitized by Google

cantidad de cenizas en 1643. En el mes de Enero de 1835, ofrecio una larga erupcion acompañada de temblor de tierra, que hizo muchos estragos en la comarca.

El volcan de San Salvador (lat. 13° 47′), cerca de la ciudad del mismo nombre. Su última erupcion se verificó en 1656. Todo el país se ve espuesto á violentos temblores de tierra; el de 16 de Abril de 1854, que no fué precedido de ruido alguno, derribó casi todas las casas de San Salvador.

El volcan de Izalco*, cerca de la aldea de este nombre, produce frecuentemente sal amoniaca. La primera erupcion que recuerda la historia data del 21 de Febrero de 1770; las últimas, cuyas llamas se vieron á gran distancia, se produjeron en Abril de 1798, de 1805 á 1807, y en 1825 (véase mas arriba, p. 231, y Thompson, *Official visit to Guatemala*, 1829, p. 512).

El volcan de Pacaya* (lai. 14° 23′), á unas 3 millas al S. E. de la nueva ciudad de Guatemala, en el pequeño lago alpino de Amatitlan. Este volcan muy activo, y que amenudo vomita llamas, tiene una cima alargada, coronada de tres cumbres redondeadas. Se conocen sus grandes erupciones de 1565, 1651, 1671, 1677 y 1775; la última, que arrojó mucha lava, fué vista y descrita por Juarros.

Siguen á los 14° 12′ de lat., próximos á la costa, los dos volcanes de la antigua Guatemala, con los nombres caprichosamente relacionados de *Agua* y de *Fuego*.

El volcan *de Agua*, cono traquítico situado cerca de Escuintla, es mas elevado que el pico de Tenerife, y se halla cercado de masas de obsidiana, que quizá revelan antiguas erupciones. Este volcan, cuya cumbre se levanta hasta las regiones de las nieves perpétuas, debe su nombre á la circunstancia de habérsele atribuido un desastre, ocasionado quizá por un temblor de tierra y por el derretimiento de las nieves; la inundacion de la primera ciudad de Guatemala, á la que ha sucedido la segunda, situada al N. N. O. de la pendiente, y designada hoy con el nombre de *Antigua Guatemala*.

El volcan *de Fuego*, cerca de Acatenango, á 5 millas O. N. O. del volcan *de Agua*. Sobre la situacion recíproca de estas dos montañas, véanse un mapa muy raro, grabado en Guatemala, de donde me lo enviaron; el mapa del *Alcalde mayor* D. José Rossi y Rubí, publicado con el título de *Bosquejo del espacio que media entre los estremos de la provincia de Suchitepeques y la capital de Guatemala*, 1800. El volcan de Fuego está siempre en actividad, pero hoy menos que en otro tiempo. Sus grandes erupciones han tenido lugar en 1581, 1586, 1623, 1705, 1710, 1717, 1732, 1737 y 1799. Los espantosos temblores de tierra de que venian acompañadas las erupciones, y no estas, decidieron al gobierno español en la segunda mitad del último siglo á abandonar el emplazamiento de

Digitized by Google

la segunda ciudad, en donde se hallan hoy las ruinas de *la Antigua Guatemala*, y á obligar á los habitantes á fijarse mas al N., en la ciudad de *Santiago de Guatemala*. A este propósito, como cuando se trataba de trasportar á Riobamba y otras ciudades próximas á los volcanes de la cordillera de los Andes, se ha discutido dogmáticamente y con grande vivacidad la cuestion de cual era el emplazamiento que, segun los esperimentos hechos hasta entonces, parecia menos espuesto á los asolamientos de los volcanes, á las corrientes de lava, á las erupciones de escorias y á los temblores de tierra. El volcan de Fuego arrojó un torrente de lava hácia el litoral del S., cuando la grande erupcion de 1852. El capitan Hall ha medido, desde su buque, los dos volcanes de la antigua Guatemala, hallando para el *de Fuego* 13,760 pies, y para el *de Agua* 13,983. Poggendorff ha examinado las bases de estos resultados, y reducido la altura media de los dos volcanes á unos 12,300 pies.

El volcan de Quesaltenango*, al lado de la ciudad de su mismo nombre, á 15° 10′ de lat., está en actividad y humeando desde 1821. Las tres montañas cónicas que limitan al S. el lago alpino de Atitlan, en el nudo de montañas de Solola, se hallan, segun se dice, tambien en actividad. El volcan que Juarros llama de Tajamulco, no me parece idéntico al de Quesaltenango, á 10 millas geográficas, en la direccion N. O. de la aldea de Tajamulco, situada al S. de Tejutla.

Las dos montañas llamadas por Funel volcan de Sacatepeques y volcan de Sapotitlan, ¿son el *volcan de Amilpas*, de Brué?

El gran volcan de Soconusco, en la frontera de Chiapa, 7 millas al S. de Ciudad-Real, á los 16° 2′ de lat.

Creo deber repetir una vez mas, al fin de esta larga nota, que las alturas barométricas indicadas aquí están tomadas en parte de Espinache, en parte de los trabajos y mapas de Baily, de Squier y de Molina.

(75) Pág. 240.—Pueden considerarse con verosimilitud como volcanes mas ó menos activos hoy los 18 que siguen: por tanto, casi la mitad de los que he citado como activos en la antigüedad ó en nuestros dias

El Irasu y el Turrialva, cerca de Cartago; *el Rincon de la Vieja*, el Votos (?) y el Orosi; el volcan insular de Ometepec, el Nindiri, el Momotombo, el Nuevo, al pie de la montaña traquítica de las Pilas; el Telica, el Viejo, Conseguina, San Miguel Bosotlan, San Vicente, el Izalco, el Pacaya, el volcan de Fuego, cerca de la antigua Guatemala, y el Quesaltenango. Las erupciones mas recientes han sido la de *el Nuevo*, cerca de *las Pilas*, el 18 de Abril de 1850; la de San Miguel Bosotlan, en 1848; de Conseguina y San Vicente, en 1835; del Izalco, en 1825; del volcan de Fuego, en 1799 y 1852, y del Pacaya, en 1775.

(76) Pág. 240.—Véase Squier, *Nicaragua*, t. II, p. 103, 106 y 111, y el folleto del mismo autor publicado anteriormente: *on the Volcanos of Central America*, 1850, p. 7, y tambien Buch, *Islas Canarias*, p. 506, en

Digitized by Google

donde se cita el torrente de lava arrojado en 1775 por Nindiri, y visto de nuevo recientemente por el doctor Œrsted, observador muy instruido.

(77) Pág. 242.—Pueden verse todas las bases de estas determinaciones topográficas de Méjico, comparadas con las observaciones de D. Joaquin Ferrer, en mi *Coleccion de Observaciones astronómicas*, t. II, p. 521, 529 y 536-550, y *Ensayo político sobre la Nueva-España*, t. I, p. 55-59 y 176; t, II, p. 173. He suscitado dudas desde un principio sobre el lugar astronómico del volcan de Colima, cerca de la costa del océano Pacífico. (*Ensayo polit.*, t. I, p. 68; t. II, p. 180.) Segun ángulos de altura medidos en el mar por el capitan Hall, el volcan debe hallarse situado á los 19° 36′ de lat., es decir, medio grado mas hácia el N., de lo que yo habia indicado segun itinerarios; verdad es que no habia determinado de una manera absoluta á Selagua y Petatlan, que habia tomado por puntos de partida. La latitud que he dado en el testo (19° 25′), como la altura (11,266 p.), son del capitan Beechey (*Viaje*, 2.ª parte, pág. 587). El último mapa de Laurie, *the Mexican and Central States of America*, 1853, indica como latitud 19° 20′. Puedo, por lo demás, estar engañado en 2 ó 3 minutos sobre el terreno del Jorullo, porque estaba absorbido por los trabajos geológicos y topográficos, y porque fuí obligado á determinar las latitudes sin que el sol ni las estrellas apareciesen. Véase Hall, *Journal written on the coast of Chili, Peru and Mexico*, 1824, t. II, p. 379; Beechey, *Viaje*, 2.ª parte, p. 587, y Humboldt, *Ensayo político*, t. I, p. 68; t. II, p. 180. Segun las vistas fieles y pintorescas que Rugendas ha trazado del volcan de Colima, y se conservan en el museo de Berlin, distinguense dos montañas muy próximas: el volcan propiamente dicho que deja siempre escapar humo y se cubre de alguna nieve, y la Nevada mas alta, que penetra muy dentro en la region de las nieves perpétuas.

(78) Pág. 246.—Las determinaciones de longitud y latitud relativas á las cinco hileras volcánicas de la cordillera de los Andes, y los intervalos que separan los grupos son los que siguen: estas distancias dan á conocer la proporcion que existe entre los terrenos volcánicos y los no volcánicos.

I. Grupo de los volcanes mejicanos.—La falla en que se levantan estos volcanes se dirije de E. á O., desde el Orizaba hasta el Colima, en una longitud de 98 millas geográficas, entre 19 y 19° 20′ de latitud. El volcan aislado de Tuxtla está 32 millas mas hácia el E. que el Orizaba, y situado cerca de la costa del gran golfo mejicano, en un círculo paralelo (18° 28′) medio grado mas próximo al S.

II. La distancia entre el grupo mejicano y el grupo de la América central que le sucede inmediatamente, es decir, entre el volcan de Orizaba y el de Soconusco es, en la direccion de E. S. E. á O. N. O., de 75 millas.

Digitized by Google

III. Grupo de los volcanes de la América central.—Esta línea volcánica, que sigue la direccion del S. E. al N. O., tiene mas de 170 millas, desde el volcan de Soconusco hasta el Turrialva, en la provincia de Costa-Rica.

IV. La distancia entre el grupo de la América central y la hilera volcánica de Nueva-Granada y de Quito es de 157 millas.

V. Grupo de los volcanes de Nueva-Granada y de Quito.—Su longitud, á partir del punto donde se produjo una erupcion en el Páramo de Ruiz, al N. del volcan de Tolima, hasta el volcan de Sangay, es de 118 millas. La parte de la cordillera de los Andes, comprendida entre el volcan de Puraz, cerca de Popayan, y la parte S. del nudo volcánico de Pasto, se dirije del N. N. E. al S. S. O. Muy lejos, al E. de los volcanes de Popayan, cerca de las fuentes del Rio-Fragua, se halla un volcan aislado, cuyo lugar he señalado, segun las indicaciones de los misioneros de Timana, en mi *Mapa general de las Cordilleras de la América meridional.* La distancia de esta hilera volcánica á las costas del mar es de 38 millas.

VI. Entre el grupo volcánico de Nueva-Granada y de Quito, y el grupo del Perú y de Bolivia, la distancia mide 240 millas. Es la cordillera mas larga que existe sin volcanes.

VII. Grupo de la hilera volcánica del Perú y de Bolivia.—Este grupo presenta, desde el volcan de Chacani y Arequipa (lat. 16° 1/4) hasta el volcan de Atamaca (21° 1/2), una estension de 105 millas.

VIII. La distancia entre el grupo del Perú y de Bolivia, y el grupo de Chile, es de 135 millas. No se halla ningun cono volcánico en la larga Cordillera que corre al O. de las dos provincias de Catamarca y de Rioja, á partir del desierto de Atacama, en la que se eleva el volcan de San Pedro, hasta mas allá de Copiapo, y aun hasta el volcan de Coquimbo (30° 5').

IX. Grupo de Chile. Distancia del volcan de Coquimbo al de San Clemente, 242 millas.

Adicionando estas longitudes de las Cordilleras, y teniendo en cuenta la curva producida por el cambio de direccion en el eje, á partir del paralelo de los volcanes mejicanos (19° 1/4 de lat. bor.) hasta el volcan de San Clemente en Chile (46° 8' lat. austr.), se obtiene para una distancia de 1,242 millas, un espacio de 635 millas, que comprende cinco grupos de volcanes alineados (grupos de Méjico, de la América central, de Nueva-Granada y de Quito, del Perú y de Bolivia, y de Chile), y un espacio de 67 millas, que sin duda esta completamente desprovisto de volcanes. Estos dos números son con corta diferencia iguales. Doy aquí proporciones numéricas muy exactas, que resultan de una minuciosa comparacion que he hecho de mis propios mapas con los de los demás geógrafos, á fin de provocar rectificaciones. La parte mas larga de las Cordilleras que

Digitized by Google

no tiene volcanes está comprendida entre el grupo de Nueva-Granada y de Quito, y el del Perú y de Bolivia. Siendo por casualidad igual á la que cubren los volcanes de Chile.

(79) Pág. 247.—El grupo de los volcanes mejicanos* comprende el Orizaba, el Popocatepetl*, el Toluca ó *Cerro de San Miguel de Tutucuitlapilco*, el Jorullo*, el Colima* y el Tutxla*. Los volcanes aun en actividad se designan aquí, como ya se ha hecho en otras listas del mismo género, por un asterisco.

(80) Pág. 247.—Para los detalles relativos al grupo volcánico de la América central, véanse las notas 74 y 75.

(81) Pág. 247.—El grupo de Nueva-Granada y de Quito comprende: el *Páramo y Volcan de Ruiz**, los volcanes de Tolima, Puraz* y Sotara, cerca de Popayan; el volcan del Rio-Fragua, uno de los afluentes del Caqueta; los volcanes de Pasto, el Azufral*, el Cumbal*, el Tuquerras, el Chiles, el Imbaburu, el Cotocachi, el Rucu-Pichincha, el Antisana (?), el Cotopaxi*, el Tungurahua*, el Capac-Urcu ó *Altar de los Collanes* (?) y el Sangay*.

(82) Pág. 247.—El grupo del Perú meridional y de Bolivia comprende, de N. á S., los 14 volcanes siguientes:

El volcan de Chacani, llamado tambien Charcani, segun Curzon y Meyen, pertenece al grupo de Arequipa, y se distingue desde la ciudad de este nombre. Está situado á la márgen derecha del Rio-Quilca, á los 16° 11' de lat., segun el esplorador mas exacto de esta comarca, Pentland, y á 8 millas al S. del Nevado de Chuquibamba, cuya altura, se dice, pasa de 18,000 pies. Tengo á la vista noticias inéditas que atribuyen al volcan de Chacani 18,391 pies de altura. Curzon ha visto un gran cráter en la parte S. E. de la cima.

El volcan de Arequipa*, situado á 16° 20' de lat., á 3 millas de la ciudad, en la direccion N. E. Sobre la altura de este volcan (17,714 pies?), véase *Cosmos*, t. IV, p. 224. Hænke, botánico de la espedicion de Malaspina (1796); Curzon de los Estados-Unidos (1811) y el doctor Weddell (1847) han llegado hasta la cumbre del Arequipa, Meyen ha visto, en Agosto de 1831, elevarse grandes columnas de humo; un año antes, el volcan presentó una erupcion de escorias, pero nunca ha arrojado lava. Véase Meyen, *Reise um die Erde*, 2.ª parte, p. 33.

El volcan de Omato: lat. 16° 50'; tuvo una grande erupcion en 1667.

El volcan de Uvillas ó Uvinas, al S. de Apo. Sus últimas erupciones datan del siglo XVI.

El volcan de Pichu-Pichu, á 16° 25' de lat., á 4 millas al E. de la

Digitized by Google

ciudad de Arequipa, cerca del paso de Cangallo; altura 9,076 pies sobre el nivel del mar.

El volcan Viejo: lat. 16° 55'. Este volcan posee un cráter inmenso, con corrientes de lava y mucha piedra pomez.

Los 6 volcanes que preceden forman el grupo de Arequipa.

El volcan de Tacora ó Chipicani: lat., segun el magnífico mapa del lago de Titicaca, de Pentland, 17° 45'; altura 18,520 pies.

El volcan de Sahama: * lat., 18° 7'; altura 20,970 pies. Este volcan ofrece la forma de un cono truncado perfectamente regular (véase *Cosmos*, t. IV, p. 224). El Sahama es, segun Pentland, 870 pies mas alto que el Chimborazo, pero 6,240 pies menor que el monte Everest del Himalaya, que pasa hoy por la cumbre mas alta de Asia. La última relacion oficial del coronel Waugh, que data del 1.° de marzo de 1856, menciona como las cuatro montañas mas altas de la cordillera del Himalaya: el monte Everest (Gaurischanka), al N. E. de Katmandu, altura, 27,210 pies; el Kuntschinjinga, al N. de Darjiling, 26,417 pies; el Dhaulagiri (Dhavaligirir), 25,170 pies, y el Tschumalari (Chamalari), 22,468 pies.

El volcan Pomarapo: altura, 20,360 pies; lat., 18° 8'. Esta montaña es gemela del volcan que la sigue inmediatamente.

El Parinacota; altura, 20,680 pies; lat., 18° 12'.

El grupo de los cuatro conos traquíticos: Sahama, Pomarapo, Parinacota y Gualatieri, comprendidos entre los paralelos de 18° 7' y 18° 25', es, segun los cálculos trigonométricos de Pentland, es mas alto que el Chimborazo, y pasa de 20,100 pies.

El volcan Gualatieri *: altura, 20,604 pies; lat., 18° 25', en la provincia boliviana de Carangas: está, segun Pentland, en gran actividad (vease *Hertha*, t. XIII, 1829, p. 21).

No lejos del grupo de Sahama, entre 18° 7' y 18° 25', la hilera volcánica que se halla al O. de la cordillera de los Andes y la misma cadena cambian bruscamente de direccion, y dejan la del S. E. al N. O. para tomar la de N. á S. que es la general hasta el estrecho de Magallanes. He tratado en otro lugar de este importante cambio de eje, que forma un sesgo en el litoral cerca de Arica (18° 28'), y del que se halla un ejemplo análogo en la costa occidental de Africa, en el Golfo de Diafra. Véase *Cosmos*, t. I, p. 272 y 435 (nota 47).

El volcan Isluga, en la provincia de Tarapaca, al O. de Carangas: lat., 19° 20'.

El volcan de San Pedro de Atacama, á la estremidad N. E. del Desierto del mismo nombre, á los 22° 16' de lat., segun el nuevo mapa del doctor Philippi, al N. E. y á cuatro millas geográficas de la pequeña ciudad de San Pedro, no lejos del gran Nevado de Chorolque.

No existe ningun volcan de 21° 30' á 30°. Despues de esta inter-

Digitized by Google

rupcion de mas de 142 millas, la actividad volcánica reaparece en el volcan de Coquimbo; porque Meyen niega la existencia de un volcan de Copiapo (lat. 27° 28′), que sin embargo afirma Philippi, muy familiarizado con esta comarca.

(83) Pág. 247.—El primer impulso que se dió al conocimiento geográfico y geológico del grupo volcánico de Chile y el éxito mismo de estos estudios, se debe á las ingeniosas investigaciones del capitan Fitz-Roy, en la espedicion del *Adventure* y del *Beagle*, como tambien á los trabajos completos de Darwin. Este, con la mirada generalizadora que le es propia, ha reunido en un solo punto de vista los fenómenos conexos de los temblores de tierra y las erupciones volcánicas. Durante el gran acontecimiento natural que destruyó la ciudad de Copiapo el 22 de noviembre de 1822, una parte considerable de la costa fue elevada, y el fenómeno enteramente semejante al del 20 de febrero de 1835, que tan funesto fue á la ciudad de Concepcion, se presentó acompañado de la erupcion de un volcan submarino que hizo furor durante dia y medio, cerca de Bacalao Head, en la isla de Chiloe. Todos estos efectos, debidos á causas análogas, se habian ya producido anteriormente, y confirman la creencia de que la hilera de islas roquizas situada al S. del Valdivia y del Fuerte Maullin, enfrente de los Fiords del continente, y que comprende Chiloe, el archipiélago de los Chonos y de Huaytecas, la *Peninsula de Tres Montes*, y *las Islas de las Campanas, de la Madre de Dios*, de *Santa Lucia* y de *los Lobos*, desde 39° 53′ hasta la entrada del estrecho de Magallanes (52° 16′), es la misma cresta desgarrada, por decirlo así, de una cordillera situada mas al O., que no ha desaparecido completamente. Verdad es que ningun cono de traquito abierto en la cumbre, ningun volcan pertenece á estos «fractæ ex aequore terræ»; pero erupciones submarinas aisladas que han precedido ó seguido á grandes sacudidas subterráneas, parecen indicar la presencia de esta falla occidental. Véase Darwin, *On the connexion of volcanic phænomena, the formation of mountain chains, and the effect of the same powers by which continents are elevated*, en las *Transactions of the Geological Society*, 2.ª série, t. V, 3.ª parte, 1840, p. 606-615 y 629-631; Humboldt, *Ensayo político sobre la Nueva España*, t. I, p. 190, y t. IV, p. 287.

Los veinte y cuatro volcanes que forman el grupo de Chile están alineados de N. á S., desde el paralelo de Coquimbo hasta los 46° de latitud boreal, en el órden siguiente:

1° Entre los paralelos de Coquimbo y de Valparaiso:

El volcan de Coquimbo: lat., 30° 5′ (véase Meyen, t. I, p. 385).

El volcan Limari.

El volcan Chuapri.

El volcan Aconcagua *, al O. N. O. de Mendoza: lat., 32° 39′; altu-

Digitized by Google

ra, 21,584 pies, segun Kellet, pero segun las medidas trigonométricas mas recientes, debidas al ingeniero Pissis (1854), 22,301 pies ingleses solo. El Aconcagua es algo menor en altura por consiguiente que el Sahama, al que Pentland da actualmente 22,350 pies ingleses. Véase Gillis, *V. S. Naval Astron. Exped. to Chili*, t. I, p. 13. Pissis ha desarrollado, en los *Anales de la Universidad de Chile*, 1852, p. 219, las bases geodésicas de la operacion que ejecutó en el Aconcagua, á 6,797 metros de altura, y que ha necesitado ocho triángulos.

El *Peak Tupungato*, al que Gillis da 22,450 pies ingleses, y que coloca á los 33° 22' de lat., mientras que se hallan en el mapa de la provincia de Santiago, de Pissis, 22,016 pies ingleses. Véase Gillis, p. 45. Pissis ha adoptado este último número (6,710 metros), en los *Anales de Chile*, 1850, p. 12.

2° Entre los paralelos de Valparaiso y Concepcion:

El volcan Maypu *: lat., 34° 17', segun Gillis (t. I, p. 13), que sin embargo, en su mapa general de Chile, le ha colocado á los 33° 47', lo que en verdad es un error; altura, 16,572 pies. Meyen ha subido á él. La roca traquítica de la cumbre ha horadado las capas jurásicas, en las cuales Buch ha recorrido á alturas de 9,000 pies, el Exogyra Culoni, el Trigonia costata y el Ammonitas biplex (*Descripcion física de las islas Canarias*, 1836, p. 471). No existen corrientes de lava, pero el cráter arroja llamas y escorias.

El volcan Peteroa *, al E. de Talca: lat., 34° 53'; está frecuentemente encendido, y tuvo, segun la descripcion de Molina, una gran erupcion el 3 de diciembre de 1762. El hábil naturalista Gay le ha visitado en 1831.

El volcan de Chillan: lat., 36° 2'; la comarca cercana ha sido descrita por el misionero Havestadt de Munster. Muy cerca se halla el Nevado Descabezado (35° 1'), al que Domeyko ha subido, y que Molina ha estimado erróneamente como la montaña mas alta de Chile. Gillis ha evaluado su altura en 13,100 pies ingleses. Véase *U. S. Naval Astron. Expedition*, t. I, p. 16 y 371.

El volcan Tucapel, al O. de la ciudad de Concepcion; se le llama tambien *Silla Veluda*. Quizás sea una montaña de traquito cerrada, en comunicacion con el volcan activo de Antuco.

3° Entre los paralelos de Concepcion y de Valdivia:

El volcan Antuco *: lat., 37° 7'. Pœppig ha dado de él una descripcion geológica detallada. Es un cráter de levantamiento basáltico, de donde se eleva el cono de traquito. Tiene corrientes de lava que hacen su erupcion al pie del cono y mas raramente en la cumbre del cráter (Pœppig, *Reise in Chili und Peru*, t. I, p. 364). Una de estas corrientes aun se veia en 1828. En 1835, el laborioso Domeyko ha hallado el volcan en plena actividad y ha evaluado su altura á 8,368 pies solamente

Digitized by Google

(Pentland, en Mary Somerville, *Phys. Geography*, t. I, p. 186). El eminente astrónomo americano Gillis le da 8,672 pies, y cita nuevas erupciones en 1853. Segun las noticias de Gillis, ha debido surgir un nuevo volcan el 25 de noviembre de 1847, en el interior de la Cordillera, entre Antuco y Descabezado, y formado una colina * de 300 pies. Domeyko ha visto salir de ella erupciones de llamas y azufre durante mas de un año. Pœppig cita tambien otros dos volcanes: Punhamuidda * y Unalavquen *, á gran distancia hácia el E. del Antuco, en una de las cordilleras paralelas á los Andes.

El volcan Callaqui.

El volcan de Villarica *: lat., 39° 14'.

El volcan Chiñal: lat., 39° 35'.

El volcan de Panguipulli *: lat., 40° 45, segun el mayor Philipi.

4.° Entre los paralelos de Valdivia y el cabo Sud de la isla Chiloe:

El volcan Ranco.

El volcan Osorno ó Llanquihuo: lat., 41° 9, ; altura, 6,984 pies.

El volcan de Calbuco *: lat., 41° 12'.

El volcan Guanahuca (Guanega?)

El volcan Minchimadom: lat., 42° 48'; altura, 7,500 pies.

El volcan del Corcovado *: lat., 43° 12'; altura, 7,046 pies.

El volcan Yanteles (Yntales): lat., 43° 29'; altura, 7,534 pies.

Sobre estas cuatro últimas montañas, véase Fitz-Roy, *Exped. of t Beagle*, t. III. p. 275, y Gillis, t. I, p. 13.

El volcan *San-Clemente*, en frente de la Península granítica *de Tres Montes*, segun Darwin: lat. 46° 8'. En su gran mapa de la América meridional, La Cruz indica un volcan *de los Gigantes*, situado mas al S., en frente del archipiélago de la *Madre de Dios*, á 51° 4' de lat., cuya existencia es muy dudosa.

He tomado la mayor parte de las latitudes que preceden del mapa de Pissis, Campbell y Gay, que acompaña á la escelente obra de Gillis (1855).

(84) Pág. 248.—Humboldt, *Misceláneas de Geología y de Física general*, t. I; p. 88.

(85) Pág. 248.—El 24 de enero de 1804. Véase mi *Ensayo político sobre la Nueva España*, t. I, p. 166.

(86) Pag. 250.—El nudo de montaña de esquisto micáceo, formado por la union de la montaña de los Robles (lat., 2° 2') y del Páramo de las Papas (lat., 2° 20'), encierra dos lagos alpinos, *la laguna de San Iago* y *la laguna del Buey*, situados á menos de milla y media de intérvalo, y de donde salen: del primero, el Rio Cauca; del segundo, el Rio Magdale-

Digitized by Google

na. Estos dos rios, separados luego por una cordillera central, no se reunen hasta el paralelo de 9° 27', en las llanuras de Mompox y de Tenerife. El nudo de montaña de que acabamos de hablar, y que se halla entre Popayan, Almaguer y Timana, es de gran importancia para resolver la cuestion de si la cordillera volcánica de Chile, del Perú, de Bolivia, de Quito y de Nueva-Granada se reune á la cadena del istmo de Panamá, y por consecuencia á la de Veragua, de Costa-Rica y de toda la América Central. He demostrado, en mis mapas de 1816, 1827 y 1834, cuyos sistemas de montañas han sido reproducidos por Brué, en el magnífico mapa que Joaquin Acosta ha dado de Nueva-Granada (1847), y en otros, que la cordillera de los Andes se divide en tres brazos, á los 2° 10' de lat. boreal. La Cordillera del O. corre entre el valle del Rio Cauca y el Rio Atrato, la Cordillera central entre el Rio Cauca y el Rio Magdalena, la Cordillera oriental entre el valle del Rio Magdalena y los Llanos, regados por los afluentes del Marañon y del Orinoco. He podido indicar la direccion especial de estas tres Cordilleras conforme á gran número de puntos comprendidos entre las determinaciones de lugares astronómicos, de los que he fijado 152 en la América del Sur solamente, por culminaciones de estrellas.

La Cordillera occidental corre al E. del Rio Dagua y al O, de Cáceres, de Roldanilla, de Toro y de Anserma, cerca de Cartago, en la direccion de S. S. O. á N. N. E., que conserva hasta el *Salto de San-Antonio*, en el Rio Cauca (lat., 5° 14'), al S. O. de la *Vega de Supia*. Desde allí, hasta el *Alto del Viento*, que se eleva á 9,000 pies, en la *Cordillera de Abibe* ó *Avidi* (lat. 7° 12'), la cordillera crece considerablemente en altura y longitud, y se confunde por fin en la Cordillera central, en la provincia de Antioquia. Mas al N., hácia las fuentes del Rio Lucio y del Rio Guacuba, la cordillera se baja y divide en varias hileras de colinas. La Cordillera Occidental, que, cerca del paraje en que el Dagua desemboca en la *Bahía de San-Buenaventura*, se halla todo lo mas á 8 millas de las costas del Pacífico (lat., 3° 50'), está separada de ella por una distancia doble bajo el paralelo de Quibdo, en la provincia de Choco (lat., 5° 48').

Esta observacion no deja de tener importancia, porque es necesario no confundir la cordillera occidental de los Andes con el país montañoso y la cadena de colinas que atraviesa de S. á N., á partir de Novida y de Tado, esta provincia tan rica en lavaduras de oro, entre la márgen derecha del Rio San-Juan y la márgen izquierda del gran Rio Atrato. A través de esta hilera insignificante de colinas pasa, en la *Quebrada de la Raspadura*, el canal del Monge, que une el Rio San-Juan ó Noanama y el Rio Quibdo, uno de los afluentes del Atrato, y por consecuencia dos océanos (Humboldt, *Ensayo político*, t. I, p. 235). Tambien ha sido vista en la fructuosa espedicion del capitan Kellet, entre la *Bahía de Cupica* (lat., 6° 42'), y las fuentes del Napipi, que desemboca en el Atrato.

Digitized by Google

Véase *Id.*, t. I, p. 231, y Fitz-Roy, *Considerations on the great Isthmus of Central América*, en el *Journal of the Royal Geogr. Society*, t. II, 1855, p. 178, 180 y 186.

La cordillera central de los Andes, que llega á la region de las nieves perpétuas y permanece contínuamente la mas alta, sigue en todo su curso una direccion casi meridiana, como la cordillera occidental, y comienza á 8 ó 9 millas al N. E. de Popayan, con los Páramos de Guanacos, de Huila, de Iraca y de Chinche. Mas lejos, entre Buga y Chaparral, se elevan, de S. á N., el *Nevado de Baraguan* (lat., 4° 11′), la *Montaña de Quindiu*, el cono truncado de Tolima, cubierto de nieve, el volcan y el *Páramo de Ruiz*, y la *Mesa de Herveo*. Estas grandes soledades, en el aspecto áspero y montañoso, á que los españoles han llamado *Páramos*, están caracterizadas por una temperatura y vegetacion particular; y situadas en la parte de los trópicos que aquí describo, habiéndome asegurado, por operaciones muchas veces repetidas, de que tienen una altura media de 9,500 á 11,000 pies sobre el nivel del mar. Bajo el paralelo de Mariquita, de la *Mesa de Herveo* y del *Salto de San Antonio*, en el valle de Cauca, empieza la union de las cordilleras central y occidental. Cerca de Supia, entre el *Salto de San Antonio*, de una parte, y de otra, la *Angostura* y la *Cascada de Caramanta*, es donde esta confusion produce los efectos mas sorprendentes. Allí se halla la meseta de la provincia de Antioquía, cuyo acceso es tan difícil, y que, segun Manuel Restrepo, se estiende desde 5° 15′ hasta 8° 34′. Distinguiremos en esta meseta los puntos culminantes que siguen: yendo de S. N., Arma y Sonson; al N. de las fuentes del Rio Samana, Marinilla, Rio Negro (6,420 pies) y Medellin (4,548 pies); la meseta de Santa Zosa (7,944 pies), y el *Valle de Osos*. La cordillera propiamente dicha desaparece mas allá de Cáceres y Zaragoza, hácia la confluencia del Cauca y del Nechi. La vertiente oriental de los *Cerros de San-Lucar*, que he visto desde Badillas (lat., 8° 1′) y desde Paturia (lat., 7° 36), haciendo las listas de las costas en el Rio-Magdalena no es notable sino por el contraste que forma con el ancho valle del rio.

La cordillera oriental presenta la particularidad geológica de que no sólo forma un límite entre todo el sistema setentrional de Nueva-Granada y las tierras bajas, de donde las aguas se unen en parte al rio de las Amazonas por el Caguan y el Caqueta, en parte al Orinoco por el Guaviare, el Méta y el Apure; sino que además se liga distintamente con la cordillera de la costa de Caracas. Se produce allí algo análogo á lo que pasa en los sistemas de filones, es decir, una conjuncion de nudos levantados sobre dos fallas de direcciones muy diferentes y probablemente tambien en épocas muy distintas. La cordillera oriental se aleja mucho mas que las otras dos de la direccion meridiana; se desvia hácia el N. E., de suerte que, en las montañas cubiertas de nieves de Mérida (lat. 8° 10′), se encuentra ya 5° mas al E. que á su salida del nudo de montaña de los

Digitized by Google

Robles, cerca de Ceja y de Timana. Al N. del *Páramo de la Suma Paz*, al E. de la Purificacion y sobre la vertiente occidental del Páramo de Chingaza, se eleva, sobre un bosque de encinas, á la altura de 8220 piés sólamente, la meseta de Bogotá, de bello aspecto, pero severa y despojada de árboles (lat. 4º 36'). La meseta de Bogotá tiene unas 18 millas geográficas cuadradas, y su situacion presenta una analogía sorprendente con la del a cuenca de Kaschmir, que sin embargo, segun Jacquemont, está 3,200 piés menos elevada sobre las orillas del lago Wuller, y que pertenece á la vertiente S. O. de la cordillera del Himalaya. Despues de la meseta de Bogotá y el Páramo de Chiganza se suceden, en la cordillera oriental de los Andes, siguiendo la direccion N. O.: los Páramos de Guachaneque, sobre Tunja, de Zoroca sobre Sogamoso; de Chita (15,000 piés?), cerca de las fuentes del Rio Casanare, uno de los afluentes del Meta; del Almorzadero (12,060 pies), cerca de Socorro; de Cacota (10,308 pies), cerca de Pamplona; de Laura y de Porquera, cerca de la Grita. En este punto, entre Pamplona, Salazar y Rosario (7º 8'—7º 50' de lat.), se halla el pequeño nudo montañoso de donde se destaca una cresta que se dirige de S. á N., hácia Ocaña y *Valle de Upar*, al O. de la laguna de Maracaibo, para reunirse á los promontorios de la *Sierra Nevada de Santa Marta* (18,000 pies?). La cresta, ya mas elevada y mas fuerte, vuelve á tomar su direccion primera hácia el N. E., del lado de Mérida, Trujillo y Barquisimeto, y se liga con la cordillera granítica de la costa de Venezuela, al E. de la Laguna de Maracaibo, y al O. de Puerto Cabello. A partir de la Grita y del *Páramo de Porquera*, la cordillera oriental toma de nuevo y de repente una altura estraordinaria. Entre los paralelos de 8º 5' y 9º 7', se encuentran sucesivamente la *Sierra Nevada de Mérida* (Mucuchies), esplorada por Boussingault, y que Codazzi ha medido trigonométricamente (14136 pies), y los cuatro Páramos *de Timotes, Niquitao, Boconó* y *de las Rosas*, donde crecen en abundancia las mas bellas plantas alpinas (véase Codazzi, *Resúmen de la Geografía de Venezuela*, 1841, lám. 12 y 495, y, sobre la altura de las nieves perpétuas en esta zona, mi *Asia central*, título 3.º, p. 258-262). La actividad volcánica falta completamente en la cordillera del O.; y se manifiesta en la cordillera central hasta Tolima y el Páramo de Ruiz, que sin embargo están separadas del volcan de Puraz por 3º de latitud. La cordillera del E. tiene una colina humeante cerca de su vertiente oriental, en la fuente del Rio Fragua, al N. E. de Mocoa y al S. E. de Timana. Esta colina se halla mas alejada del litoral del océano Pacífico que ningun otro volcan activo del Nuevo Continente. Un conocimiento exacto de las relaciones locales entre los volcanes y las ramificaciones de las cordilleras es de la mayor importancia para los progresos de la geología de los volcanes. Todos los mapas antíguos, á escepcion de los de la meseta de Quito, solo podian inducir á error.

Digitized by Google

(87) Pág. 251.—Véase Pentland, en Mary Somerville, *Phys. Geography*, 1851, t. I, p. 185. El pico de Vilcanoto (altura, 15,970 pies; latitud, 14° 28′) situado, siguiendo la direccion de E. á O., en el fuerte nudo de montañas que llevan el mismo nombre, forma la estremidad N. de la meseta, sobre la cual se halla el lago de Titicaca, pequeño mar interior de 22 millas geográficas.

(88) Pág. 252.—Darwin, *Journal of researches into the Natural History and Geology during the voyage of the Beagle*, 1845, p. 275, 291 y 310.

(89) Pág. 254.—Junghuhn, *Java*, t. I, p. 79.

(90) Pág. 254.—*Id.*, t. III, p. 155, y Gœppert, *die Tertiärflora auf der Insel Java nach den Entdeckungen von Fr. Junghuhn*, 1854, p. 17. La falta de monocotiledóneos no se nota mas que entre los troncos de árboles petrificados, esparcidos por la superficie de la tierra, y principalmente en los rios de la regencia de Bantam. En las capas de hullas subterráneas se hallan restos de madera de palmeras que pertenecen á los dos géneros Flabellaria y Amesoneuron. Véase Gœppert, *id.*, p. 31 y 35.

(91) Pág. 255.—Sobre la significacion de la palabra *Méru* y sobre las conjeturas de Burnouf relativas á la conexion de esta palabra con *mira*, nombre sanscrito que significa *mar*, véase *Asia central*, t. I, p. 114-116, y Lassen, *Indische Alterthumskunde*, t. I, p. 847. Lassen niega el orígen sanscrito de dicha palabra.

(92) Pág. 255.—*Cosmos*, t. IV, p. 216.

(93) Pág. 255.—*Ganung* significa *montaña* en el idioma javanés, se llama en malayo *gúnong*. Es bastante notable que esta palabra no se haya aun esparcido por el vasto territorio donde están en uso las lenguas derivadas del malayo. Puede verse á este respecto la tabla comparativa inserta en la obra de mi hermano sobre la lengua Kawi (t. II, p. 249, número 62).

(94) Pág. 256.—Buch, *Descripcion física de las islas Canarias*, 1836, p. 419. La isla de Java (Junghuhn, 1.ª parte, p. 61, y 2.ª parte, p. 547) no presenta solo un coloso, el Semeru, de 11,480 pies de altura, y por consecuencia algo mas elevado que el pico de Tenerife; se atribuye al pico, aun activo, de Indrapura, en la isla de Sumatra, una elevacion de 11,500 pies; este volcan, por lo demás, parece haber sido medido con poca exactitud (véase *id.*, t. I, p. 78, y el perfil n.° 1). Despues del pico de Indrapura vienen, en la isla de Sumatra, una de las cumbres del monte Ofir, que tiene, no 12,980, sino 9,010 pies, y el Merapi, de 8,980

Digitized by Google

segun el doctor Horner. El Merapi es el mas activo de los trece volcanes de Sumatra, que no debe confundirse con los dos javaneses del mismo nombre: el célebre Merapi, cerca de Iogjakerta (8,640 p.) y el Merapi que forma la parte oriental de la cumbre del Idjen (8,065 p.) Véase *id.*, t. II, p. 294, y Junghuhn, *Battaländer*, 1847, t. I, p. 25. Ha creido reconocerse en la palabra Merapi el nombre sagrado de Meru, combinado con el malayo y javanés *api*, que significa *fuego*.

(95) Pág. 256.—Junghuhn, *Java*, t. I, p. 80.

(96) Pág. 256.—Véase Hooker, *Sketch-Map of Sikhim*, 1850, y en su *Himalaya Journals* (t. I, 1854), *Map of part of Bengal*; y tambien Strachey, *Map of West-Nari*, en su *Physical Geography of Western Tibet*, 1853.

(97) Pág. 257.—Junghuhn, *Java*, t. II, fig. 9, p. 572, 596 y 601-604. El pequeño cráter del Bromo ha dado paso á ocho erupciones inflamadas, de 1829 á 1848. El cráter-lago que habia desaparecido en 1842, reapareció en 1848; pero, segun las observaciones de Herwerden, la presencia del agua en el abismo de forma de cuba no hubiera impedido que las escorias ígneas fueran lanzadas en el espacio.

(98) Pág. 257.—Junghuhn. *Java*, t. II, p. 623-641.

(99) Pág. 258.—Reinwardt, en 1819, y Junghuhn, en 1839, subieron al Gunung-Pepandajan. Junghuhn, que ha examinado minuciosamente el campo de pedruscos de lava de que la montaña está cercada, y ha comparado en los lugares las mas antiguas narraciones, cree exagerada la que acreditan gran número de obras estimables, y segun la cual una parte de la montaña y una estension de muchas millas cuadradas han sido destruidas durante la erupcion de 1772. Véase Junghuhn, *Java*, t. II, p. 98 y 100.

(100) Pág. 258.—*Cosmos*, t. IV, p. 163.; *Viaje á las regiones equinocciales*, t. II, p. 16,

(1) Pág. 259.—Junghuhn, *Java*, t. II, p. 241-246.

(2) Pág. 259.—*Id.*, p. 566, 590 y 607-609.

(3) Pág. 260.—Buch, *Physische Beschreibung der canarischen Ynseln*, p. 206, 218, 248 y 289.

(4) Pág. 260.—Las palabras *barranco* y *barranca* tienen el mismo sentido y se usan bastante en la América española. Propiamente significan «*la quiebra que hacen en la tierra las corrientes de las aguas;—una torrente*

Digitized by Google

que hace barrancas;» pero tambien se aplican á una quiebra cualquiera. Es dudoso que la palabra *barranca* se refiera á la de *barro*, que significa *arcilla*, *tierra arcillosa húmeda*, *cieno*.

(5) Pág. 260.—Lyell, *Manual of elementary Geology*, 1855, c. XXIX, p. 497. Ofrece la mas sorprendente analogía con las estrias regulares de los volcanes de Java, la superficie de la capa de la Somma, en el Vesubio, cuyos 70 surcos han sido felizmente esplicados por el astrónomo Schmidt, observador muy sagaz y exacto (*die Eruption des Vesuvs im Mai*, 1855, p. 101-109). Segun Buch, estos surcos no han sido originariamente formados por las lluvias; ni son *fumare*. Datan del primer levantamiento de los volcanes, y se deben al rompimiento en forma de estrella del suelo que estalla, por decirlo asi. La situacion de las erupciones laterales, que mas frecuentemente irradian alrededor del eje de los volcanes, parece hallarse en relacion con este fenómeno.

(6) Pág. 261.—«La obsidiana, y por consiguiente las piedras pomez, son tan raras en Java como el traquito mismo. Otro hecho curiosísimo es la falta de toda corriente de lava en esta isla volcánica. Reinwardt, que ha observado gran número de erupciones, dice terminantemente que no hay ejemplo de que á la mas violenta y devastadora acompañasen nunca lavas.» (Buch, *Descripcion de las islas Canarias*, p. 419). Segun las muestras de rocas volcánicas traidas de Java, por Junghuhn, y ofrecidas al Gabinete mineralógico de Berlin, se reconocen distintamente traquitos dioríticos, compuestos de oligoclase y de anfibol, en el Burungagung (p. 255 del catálogo de Leyde), en Tjinas (p. 232) y sobre el Gunung-Parang, situado en el distrito de Batu-gangi. Esta formacion es, pues, idéntica á la de los volcanes de Orizaba y de Toluca en Méjico, á la de la isla Panaria en el grupo de Lipari, y á la de Egino en el mar Egeo.

(7) Pág. 261.—Junghuhn, *Java*, t. II, p. 309 y 314. Las fajas inflamadas que se han visto en el Gunung Merapi estaban formadas por corrientes abundantes de escorias ó que arrastraban fragmentos, por masas disgregadas, que manaban del mismo lado, y que, aunque no tenian igual peso, chocaban en la vertiente escarpada de la montaña. El 26 de marzo de 1817, en la erupcion del Lamongan, una de dichas fajas de escorias, al llegar á 100 pies bajo su punto de partida, se dividió en dos brazos. «Esta corriente, dice terminantemente Junghuhn (t. II, p. 767), no se componia de lava fundida, sino de restos de lava apiñados entre sí. El Gunung-Lamongan (5,010 pies) y el Gunung-Semeru (11,480 pies) son, á pesar de la diferencia de alturas, los dos volcanes japoneses mas semejantes, por sus largos períodos de actividad, al Stromboli, que tiene

Digitized by Google

todo lo mas 2,800 pies. Estos volcanes han mostrado eyecciones de escorias; el primero, despues de intervalos de 15 á 20 minutos (erupciones de julio de 1838 y marzo de 1847); el segundo, despues de intervalos de 1 $^1/_2$ á 3 horas (erupciones de agosto de 1836 y setiembre de 1844). Véase Junghuhn, *id.*, t. II, p. 554 y 765-769. En el Stromboli, numerosas eyecciones de escorias van acompañadas de pequeñas y raras corrientes de lava que, detenidas por obstáculos, se endurecen algunas veces en la pendiente del cono. Creo muy importante distinguir la continuidad y la separacion de las materias en fusion ó solo medio fundidas, lanzadas ó vertidas, ya sobre la misma montaña, ya sobre montañas diferentes. La uniformidad de los cálculos á que nos reducen los cuatro volcanes aun activos de Europa piden observaciones análogas y metódicas en lejanas zonas. La cuestion de si el Antisana, en las Cordilleras de Quito, ha producido corrientes de lava, cuestion que presenté en 1802, y que mi amigo Boussingault ha renovado en 1831, y sobre la cual volveré á hablar, quizá halle su solucion en la separacion de las materias fluidas. El carácter esencial de un torrente de lava es una fluidez igual y coherente. Un torrente de lava es un rio que se desarrolla en fajas, y en cuya superficie se ofrecen costras, cuando se endurece al enfriarse. Estas costras, bajo las cuales la lava casi homogénea continúa corriendo durante mucho tiempo, se observan, ya oblícua, ya perpendicularmente; por la desigualdad del movimiento interior y por los gases calientes que se desprenden. Si, como en Islandia, muchos torrentes de lava corriendo á la vez vienen á formar un lago de lava, este lago enfriado se convierte en un campo de restos rugosos. Los españoles, sobre todo en Méjico, designan estas comarcas, difíciles de recorrer, con el nombre de *Malpais*. Los campos de restos, que se encuentran frecuentemente en la llanura, al pie de un volcan, recuerdan la superfieie helada de un lago en donde se amontonan témpanos.

(8) Pág. 261.—Puede esplicarse el nombre del Gunung-Idgen. segun Buschmann, por la palabra javanesa *hidgèn*, que significa *aislado*, *solo*, *á parte*: es un derivado del sustantivo *hidgi* ó *widgi*, *trigo*, *grano*, que, compuesto con *sa*, espresa el número *uno*. Sobre la etimología del Gunun-Tengger, véase la detallada noticia de mi hermano, *Ueber die Verbindungen zwischen Java und Indien (KawiSprache*, t. I, p. 188), en donde señala la importancia histórica de la cordillera de los montes Tengger, habitados por una pequeña colonia que ha conservado su antigua religion indo-javanesa y resistido al mahometismo, actualmente religion dominante en la isla de Java. Junghuhn, que esplica frecuentemente nombres de montañas por la lengua kawi, dice (2.ª parte, p. 554), que *Tengger* significa en kawi *colina*. El diccionario de la lengua javanesa por Gerike (*javaansch-neder-duitsch Woordenboek*, Amsterdam, 1847) da á esta

Digitized by Google

palabra la misma significacion. *Slamat*, nombre del alto volcan de Tegal, es el árabe muy conocido *selamat*, que significa *bienestar*, *dicha*.

(9) Pág. 261.—Véase en Junghuhn (*Java*, t. II), el Slamat, p. 153 y 163; el Idgen, p. 698; le Tengger, p. 773.

(10) Pág. 261.—*Id.*, t. II, p. 760-762.

(11) Pág. 263.—Véase el *Atlas geagráfico y fisico* que acompaña á mi *Relacion histórica*, 1814, lám. 28 y 29.

(12) Pág. 263.—*Cosmos*, t. IV, p. 241-243

(13) Pág. 264.—*Cosmos*, t. I, p. 188; t. IV, p. 157.

(14) Pág. 265.—En las dos ediciones de mi *Ensayo politico sobre la Nueva España*, 1811 y 1827 (t. II, p. 165-175 de la 2.ª ed.), no he dado, conforme con la naturaleza de esta obra, mas que un estracto conciso de mi Diario, sin poder allí añadir el plan topográfico de los alrededores y la carta de las alturas. La importancia que se ha atribuido al acontecimiento considerable sobrevenido á mediados del último siglo me obliga á completar aquí este estracto. He tomado nuevos detalles sobre el volcan del Jorullo en un documento oficial, redactado tres semanas despues de la primera erupcion, pero que no se ha vuelto á hallar hasta 1830 por un sacerdote mejicano muy distinguido é instruido, D. Juan José Pastor Morales. Debo otros á las noticias verbales de mi compañero de viaje D. Ramon Espelde, que habia podido consultar todavía á testigos de la primera erupcion.—Morales ha descubierto, en los archivos del obispo de Michuacan, una narracion, que Joaquin de Ansogorri, cura de la aldea india la Guacana, habia dirigido á su obispo el 19 de Octubre de 1759 El Consejero superior de Minas, Burkart, ha dado igualmente un corto estracto del suceso en la obra instructiva titulada: *Aufenthalt und Reisen in Mexico* (1836, t. I, p. 230). D. Ramon Espelde habitaba en la llanura del Jorullo, en tiempo de mi espedicion y tiene el mérito de haber verificado antes que nadie la ascension del volcan. Algunos años despues se asoció á la espedicion del *Intendente Corregidor* Don Juan Antonio Riaño (10 de marzo de 1789). Un aleman muy instruido que habia entrado al servicio de España en calidad de Comisario de Minas, Franscisco Fischer, formaba tambien parte de esta escursion. El nombre del Jorullo llegó por primera vez á Alemania por una carta suya inserta en *Schriften der Bergbaukunde* (t. II, p. 241). Mas ya la erupcion del nuevo volcan habia sido señalada en Italia, en la *Storia antica del Messico* de Clavigero (Cesena, 1789, t. I, p. 42) y en un poema del padre Rafael Landivar (*Rusticatio mexicana*, ed. altera, Bologna, 1782, p. 17). En su preciosa obra, Clavigero atribuye falsamente la aparicion del volcan, que él llama *Ju-*

Digitized by Google

ruyo, al año de 1760, y enriqueció su descripcion con detalles sobre la lluvia de cenizas que se estendió hasta Querétaro, detalles suministrados, en 1766, por un testigo ocular, Don Juan Manuel de Bustamante, gobernador de la provincia de Valladolid de Michuacan. Landivar, entusiasta de nuestra teoría de levantamiento, hace subir al coloso, en sus hexámetros corrientes, á la altura de 3 *milliaria*, y halla, como los antiguos, que las fuentes termales están frias durante al dia y calientes durante la noche. He visto, sin embargo, al medio dia, el termómetro centígrado marcar 52° ½, en las aguas del Rio de Cuitimba.

Antonio de Alcedo, en el artículo *Xurullo* de su gran *Diccionario geográfico-histórico de las Indias occidentales ó América*, publicado en 1789 (5.ª parte, p. 374), el año en que apareció, en la *Gazeta de Mexico*, la Relacion del gobernador Riaño y del Comisario de Minas, Francisco Fischer, ha dado el interesante detalle de que cuando comenzaron los temblores de tierra en las Playas (29 de junio de 1759), el volcan Colima, que estaba en erupcion, se calmó al instante, aunque, segun Alcedo, esté separado de las Playas por un intérvalo de 70 *leguas*; segun mi mapa, la distancia no es mas que de 28 millas geográficas. «Se supone, añade Fischer, que la materia encontró, en las entrañas de la Tierra, obstáculos que la forzaron á cambiar de curso, y que, hallando al E. cavidades apropiadas, dió paso al Jorullo.» Se hallan igualmente noticias topográficas exactísimas sobre los alrededores del volcan, en el bosquejo geográfico del antiguo país de los Taraskas por Juan José Martinez de Lejarza: *Análisis estadístico de la provincia de Michuacan en* 1822 (Méjico, 1821, p. 125, 129, 130 y 131). Al afirmar que, desde mi partida de Méjico, el Jorullo no ha probado por ninguna manifestacion que su actividad se hubiese aumentado, el autor, que habita en Valladolid, cerca del volcan, ha contradicho antes que nadie el rumor de una nueva erupcion en 1819 (Lyell, *Principles of Geologie*, 1835, p. 430). Como la latitud del Jorullo no deja de tener interés, me he admirado de la circunstancia de que Lejarza, que sigue siempre mis determinaciones astronómicas y que adopta exactamente como yo, para la longitud del Jorullo, 2° 25′ al O. del meridiano de Méjico (103° 50′ O. de Paris), no esté de acuerdo conmigo en cuanto á la latitud. La que indica (18° 53′ 30″), y que se aproxima singularmente a la del Popocatepetl (18° 59′ 47″), ¿estaria fundada en observaciones recientes de que yo no tuviera conocimiento? He dicho terminantemente en mi *Coleccion de Observaciones astronómicas* (t. 1, p. 521): «Latitud *supuesta*, 19° 8′. Esta evaluacion está deducida de observaciones de estrellas hechas con cuidado en Valladolid, que dieron 19° 52′ 8″, y de la direccion del camino.» Mas tarde, al trazar en Méjico el gran mapa de este imperio, y al insertar en él la fila de volcanes que corre de E. á O., he comprendido de cuánta importancia es la latitud del Jorullo.

Digitized by Google

Puesto que he hecho frecuentemente alusion, en esta noticia sobre el orígen del Jorullo, á las tradiciones esparcidas aun hoy en el pais, citaré, al final de esta larga esposicion, una leyenda muy popular que ya he mencionado en otra parte (*Ensayo político sobre la Nueva España*, t. II, 1827, p. 172): «Segun la credulidad de los indígenas, estos cambios estraordinarios que acabamos de describir son obra de los monjes, la mas grandes quizá que hayan producido en ambos hemisferios. En las *Playas del Jorullo*, el indio dueño de la choza en que vivíamos nos contó que en 1759 capuchinos misioneros predicaron en la habitacion de San Pedro; pero que no habiendo hallado acogida favorable, cargaron esta llanura, entonces tan bella y tan fértil, de las mas horribles y complicadas imprecaciones; profetizando que desde luego la habitacion seria consumida por llamas que saldrian de tierra, y que mas tarde el aire circundante se enfriaria hasta tal punto, que las montañas vecinas quedarian perpétuamente cubiertas de nieve y de hielo. Habiendo tenido consecuencias tan funestas la primera de estas maldiciones, el pueblo bajo indio vió ya en el enfriamiento progresivo del volcan el presagio de un invierno perpétuo.»

Despues del poema del padre Landivar, la primera obra impresa que habla de esta catástrofe es la *Gaseta de Mexico* del 5 de mayo de 1789 (t. III, n.º 30, p. 293-297). El artículo se titula modestamente: *Superficial y nada facultativa Descripcion del estado en que se hallaba el Volcan del Jorullo la mañana del dia* 10 *de marzo de* 1789. Se hizo con ocasion de la espedicion de Riaño, de Francisco Fischer y de Espelde. Mas tarde (1791), los botánicos Mociño y Don Martin Sessa, agregados á la espedicion marítima y astronómica de Malaspina, han observado igualmente el Jorullo desde la costa del Pacífico.

(15) Pág. 268.—Mis medidas barométricas dan para Méjico, 1,168 toesas; para Valladolid, 1,002; para Patzcuaro, 1,130; para Ario, 994; para Aguasarco, 780; y para la antigua llanura *de las Playas del Jorullo*, 404. Véase Humboldt, *Observaciones astronómicas*, t. I, p. 327 (nivelacion barométrica), n.º 367-370.

(16) Pág. 268.—Evaluando la altura de la antigua llanura de las Playas en 404 toesas sobre el nivel del mar, hallo para el máximum de convexidad del Malpais, 487; para la espalda del gran torrente de lava, 600; para el borde mas elevado del cráter, 667; para el punto mas bajo del cráter, donde hemos podido colocar nuestro barómetro, 644. La altura de la cumbre del Jorullo sobre la llanura es, segun estas medidas, de 263 t. ó 1,578 pies.

(17) Pág. 269.—Burkart, *Aufenthalt und Reisen in Mexico, in den Jahren* 1825-1834, t. I (1836), p. 227.

Digitized by Google

(18) Pág. 269.—*Id.*, t. I, p. 227 y 330.

(19) Pág. 269.—Poulet Scrope, *Considerations on Volcanos*, p. 267; Lyell, *Principles of Geology*, 1353, p. 429; *Manual of Geology*, 1855, p. 580; Daubeny, *on Volcanos*, p. 337. Véase tambien, sobre la hipótesis de un hinchamiento del suelo, la *Geología* de Dana, en el *U. St. Expl. Expedition*, t. X, p. 379, y Constant Prevost, *sobre las Erupciones y la infalibilidad*, en las *Memorias de la Academia de Ciencias*, t. XLI, 1855, p. 866-876 y 918-923. Se puede consultar tambien sobre el Jorullo, la descripcion de los volcanes mejicanos por Pieschel, con los comentarios del doctor Gumprecht, en la *Zeitschrift für allgem. Erdkunde*, publicada por la Sociedad geográfica de Berlin (t. IV, p. 490-517), y las vistas pintorescas de los volcanes mejicanos recientemente publicadas por Pieschel, en su Atlas de los Volcanes de la República mejicana (1856, tab. 13, 14 y 15). —El Museo real de Berlin posee, en su division de dibujos y grabados, una magnífica coleccion que representa los volcanes de Méjico, tomados del natural por Rugendas. Este gran maestro ha dado mas de cuarenta láminas de dichos volcanes, quince de Colima, el mas occidental de todos los mejicanos.

(20) Pág. 273.—«Bonpland y yo, nos hemos admirado sobre todo de hallar encajadas en las lavas basálticas, litoides y escorificadas del volcan de Jorullo, fragmentos angulosos blancos ó blanco-verdosos de sienita, compuestos de algo de anfíbol y mucho feldspato laminar. Allí donde estas masas han sido grieteadas por el calor, el feldspato se ha vuelto fibroso, de suerte que los bordes de la hendidura están reunidos en algunos sitios por las fibras alargadas de la masa. En las Cordilleras de la América del Sud, entre Popayan y Almaguer, al pie del Cerro Broncoso, he hallado verdaderos fragmentos de gneis encajados en un traquito abundante en pirojeno. Esto prueba que las formaciones traquíticas han salido por bajo de la corteza granitica del globo. Son los mismos fenómenos que presentan los traquitos del *Siebengebirge* en las márgenes del Rin, y sus capas inferiores en el fonolito (Porphyrschiefer) del *Biliner Stein* en Bohemia.» (Humboldt, *Ensayo geognóstico sobre el yacimiento de las rocas* 1823, p. 133 y 339). Burkart (*Aufenthalt und Reisen in Mexico*, t. I, p. 230) ha reconocido igualmente, encerrados en la lava negra y rica en olivina del Jorullo, pedruscos de una sienita alterada. «Es raro, dice, que se distinga puro el anfíbol. Los pedruscos de sienita son quizá la prueba de que el Jorullo tiene su foco en la sienita ó bajo esta roca, muy esparcida algunas leguas hácia el S., en la márgen izquierda del Rio de las Balsas, que va á desembocar al Pacífico.» Dolomieu, y, en 1832, el gran geognosta Hoffman, han hallado en Lipari, cerca de Caneto, fragmentos de granito incrustados en masas de obsidiana. Este granito estaba compuesto de feldspato rojizo, de mica negra y

Digitized by Google

de un poco de cuarzo gris claro. (Poggendorff's *Annalen der Physik*, t. XXVI, p. 49).

(21) Pág. 275.—Strabon, l. XII y XIII, p. 579 y 628; Hamilton, *Researches in Asia minor*, t. II, c. 39. El mas occidental de los tres conos, llamado actualmente *Kara Devlit*, se eleva á 500 pies sobre la llanura, y ha vertido un gran torrente de lava del lado de Kula. Hamilton ha contado en los alrededores mas de treinta conos. Los tres abismos (*βόθροι* ó *φύσαι* de Strabon), son cráteres situados en montañas cónicas, formadas de escorias y lavas.

(22) Pág. 275.—Erman, *Reise um die Erde*, t. III, p. 538; *Cosmos*, t. IV, p. 222 Postels (*Viaje alrededor del mundo por el capitan Lutkè*, parte histor. t. III, p. 76) y Buch (*Descripcion física de las islas Canarias*, p, 448) señalan la semejanza de estas andamiadas con los Hornitos del Jorullo. Erman describe, en un manuscrito que he tenido ocasion de ver, gran número de conos truncados de escorias, que se hallan en el inmenso campo de lava situado al E. de las montañas Baïdares, en la península del Kamschatka.

(23) Pág. 276.—Porzio, *Opera omnia, medica, philos. et mathem., in unum collecta*, 1736. Véase Dufrénoy, *Memorias útiles para una descripcion geológica de Francia*, t. IV, p. 274. Todas las cuestiones de orígen estan tratadas con gran imparcialidad y de una manera completa en Lyell, *Principles of Geology*, 1853, p. 369. Ya Bouguer (*Figura de la Tierra*, 1749, p. 66), admitia el levantamiento del Pichincha. «No es imposible, dice, que la roca que se halla quemada y negra, se levantara por la accion del fuego subterráneo.» Véase tambien p. 91.

(24) Pág. 276.—*Zeitschrift für allgemeine Erdkunde*, t. IV, p. 398.

(25) Pág. 277.—Para determinar exactamente los minerales de que están formados los volcanes de Méjico, hánse comparado con mis antiguas colecciones las recientes de Pieschel.

(26) Pág. 278.—El magnífico mármol de la Puebla proviene de las canteras de Tecali, de Totomehuacan y de Portachuelo, al S. de la alta montaña de traquito *el Pizarro*. He visto aparecer igualmente calizo cerca de las gradas de la pirámide de Cholula, en el camino de la Puebla.

(27) Pág. 279.—*El Cofre de Perote* se eleva casi aisladamente al S. E. del *Fuerte* ó *Castillo de Perote*, cerca de la vertiente oriental de la gran meseta de Méjico; sin embargo su vasto maciso pertenece á una cordillera de gran altura que forma el borde de la vertiente, y, partiendo de *Cruz Blanca* y de Rio Frio, se dirige hácia las Vigas (lat. 19° 37′ 37,″), atra-

Digitized by Google

viesa el Cofre de Perote (lat. 19° 28′ 57″, long. 99° 28′ 39″), al O. de Xicochimalco y de Achilchotla, y se estiende de N. á S. hasta el pico de Orizaba (lat. 19° 2′ 17″, long. 99° 35′ 15″) paralelamente á la cordillera del Popocatepetl y del Iztaccihuatl que separa de la llanura de la Puebla el valle de los lagos mejicanos, abierto en forma de cuba. Para las bases de estas determinaciones, véase mi *Coleccion de Observaciones astronómicas*, t. II, p. 529-532 y 547, y *Análisis del Atlas de Méjico*, ó *Ensayo político de la Nueva España*, t. I, p. 55-60. Como el Cofre de Perote forma una eminencia abierta en medio de un estenso campo de piedra pomez, he notado, con gran interés, en mi ascension del 7 de febrero de 1804, durante la cual el termómetro descendió en la cumbre de la montaña hasta —2°, que la capa de piedra pomez, cuya altura y espesor he medido barométricamente en muchos puntos, subiendo y descendiendo, es de mas de 732 pies. El límite inferior de la piedra pomez, en la llanura que se estiende entre el Perote y el Rio Frio, cuenta 1,187 toesas sobre el nivel del mar; el límite superior sobre la vertiente setentrional del *Cofre*, 1,309 toesas. Desde este punto, y atravesando el Pinahuast y el *Alto de los Caxones* (1,954 toesas), en donde pude determinar la latitud por la culminacion del sol, no he hallado, hasta la cumbre, ningun vestigio de piedra pomez. Cuando el levantamiento de la montaña, una parte de dicha piedra que recubre el gran Arenal, cuya superficie ha sido quizá aplanada y estratificada por la accion de las aguas, fue arrastrada violentamente. En mi Diario (febrero 1804), aparece un dibujo de esta cintura de piedra pomez tomado del lugar mismo. Este fenómeno importante, es el que vio Buch en 1834 en el Vesubio, en donde capas horizontales de toba han sido llevadas por el levantamiento á 1,800 ó 1,900 pies de altura, hácia la Ermita de Salvator (Poggendorf's *Annalen*, t. XXXVII, p. 175-179). En el *Cofre*, en el paraje donde encontré la mas alta piedra pomez, la nieve no ocultaba á la observacion la superficie de la roca de traquito diorítico. En Méjico, á los 19° y 19° 1/4 de lat., la nieve perpétua no comienza sino á la altura media de 2,310 toesas, y la cumbre del *Cofre* llega, al pie de la pequeña roca cuadrada, de forma de casa, en que dispuse mis instrumentos, á 2,098 toesas ó 12,588 pies sobre el nivel del mar. La roca cuadrada mide, segun ángulos de altura, 21 toesas ó 126 pies. La altura total del *Cofre*, á la que no se puede llegar por causa del muro de roca perpendicular es, por consiguiente, de 12,714 pies sobre el nivel del mar. No he visto sino algunas manchas de nieve esporádica, cuyo límite inferior era de 11,400 pies, 700 ú 800 proximamente antes del límite superior del bosque de hermosos pinos (Pinus occidentalis) mezclados con el Cupressus sabinoides y el Arbutus madroño. La encina (Quercus xalapensis) no nos siguió mas que hasta la altura absoluta de 9,700 pies (Humboldt, *Nivelacion barométrica de las Cordilleras*, n.° 441-429). El nombre mejicano de esta montaña,

Digitized by Google

Nauhcampatepetl, se debe á su forma particular, que le ha valido tambien el nombre español de *Cofre*, y significa *montaña de cuatro caras*, porque *Nauhcampa*, que proviene del numeral *nahui* (cuatro), quiere decir adverbialmente *de cuatro lados*, y en el sentido adjetivo, *cuadrilateral* ó *cuadrangular*, por mas que en los diccionarios no aparezca nada sobre el particular. Tal es el sentido que se da especialmente á la combinacion *Nauhcampa ixquich*.

Pieschel, observador familiarizado con este pais, supone la existencia de un antiguo orificio de cráter, en la vertiente E. del *Cofre de Perote* (*Zeitschrift für allegem. Erdkunde*, publicado por Gumprecht, t. V; p. 125). He dibujado el *Cofre*, cerca del castillo *San Cárlos de Perote*, á distancia de unas dos millas (véase Humboldt, *Vistas de las Cordilleras*, lám. 34).—El nombre de *Perote* era, en la antigua lengua de los Aztecas, *Pinahuizapan*; palabra que significa, segun Buschmann, *sobre las márgenes del rio del Pinahuiztli*, especie de escarabajo que pasaba por un signo de mal agüero, y se empleaba en prácticas supersticiosas. V. Sahagun, *Historia general de las cosas de Nueva España*, t. II, 1829, p. 10-11. Este nombre se deriva de la palabra *Pinahua*, que significa, *tener vergüenza*. De allí viene tambien el nombre de la comarca *Pinahuasi* (Pinahuaztli), como el nombre de un vejetal que parece de la familia de las mimosáceas, *Pinahuihuiztli*, que Hernandez traduce por *herba verecunda*, porque sus hojas se desprenden al simple contacto.

(28) Pág. 281.—Strabon, l. I, p. 58; l. VI, p. 269, ed. de Casaub.; *Cosmos*, t. I, p. 435 (nota 25), y t. IV, p. 203.

(29) Pág. 281.—*Cosmos*, t. IV, p. 240.

(30) Pág. 281.—La Condamine dice: «No he conocido la materia de la lava en América, aunque hemos acampado Bouguer y yo semanas y meses enteros en los volcanes, y particularmente en los de Pichincha, Cotopaxi y Chimborazo. No he visto en estas montañas sino vestigios de calcinacion sin liquefaccion. Sin embargo, la especie de cristal negruzco, llamado vulgarmente en el Perú Piedra de Gallinazo (obsidiana), de que he traido muchos trozos, y de los cuales hay un lente bruñido de siete á ocho pulgadas de diámetro en el gabinete del Jardin del Rey, no es mas que un vidrio formado por los volcanes. La materia del torrente de fuego que corre contínuamente del de Sangay, en la provincia de Macas, al S. E. de Quito, es sin duda una lava; pero no hemos percibido esta montaña sino de lejos, y ya no estaba yo en Quito en tiempo de las últimas erupciones del volcan de Cotopaxi, cuando en sus flancos se abrieron varias especies de agujeros, de donde salieron á flote materias inflamadas y líquidas que debian ser de naturaleza semejante á la lava del Vesubio.» (*Diario del Viaje á Italia*, en las *Memorias de la Academia de*

Digitized by Google

Ciencias, 1757, p. 357, é *Historia*, p. 12.) La eleccion de estos dos ejemplos, y sobre todo la del primero, no es acertada. El Sangay no se ha examinado científicamente hasta que en 1849 lo fué por Wisse. Lo que La Condamine ha tomado, á distancia de 27 millas geográficas, por una corriente de lava ardiendo y aun por un torrente de azufre inflamado y de petróleo, eran piedras incandescentes y masas de escorias, que algunas veces salen por la vertiente abierta del cono de cenizas (*Cosmos*, t. IV, p. 234). Nada he visto en el Cotopaxi, ni tampoco en el Tungurahua, el Chimborazo, el Pichincha, ni en el Puraz y volcan de Sotara, cerca de Popayan, que se asemeje á estrechas corrientes de lava arrojadas por estos colosos volcánicos. Las masas inflamadas, sin cohesion, de cinco á seis pies de diámetro que contienen á menudo obsidiana, que ha lanzado el Cotopaxi, las empujaron masas de nieve y hielo fundidos en la llanura donde se presentan en algunos sitios bajo la forma de rayos divergentes. La Condamine ha dicho tambien con razon (*Diario del Viaje al Ecuador*, p. 160): «Estos trozos de roca, como una choza india de grandes, forman rastros de rayos que parten del Volcan como de un centro comun.»

(31) Pág. 281.—La Memoria de Guettard sobre los volcanes estinguidos se leyó en la Academia en 1752, tres años antes por consiguiente de la partida de La Condamine á Italia: pero no se imprimió hasta 1756, es decir, durante el viaje de La Condamine.

(32) Pág. 286.—«Hay pocos volcanes en la cordillera de los Andes, dice Buch, que hayan presentado corrientes de lava, y jamás se han visto alrededor de los volcanes de Quito. El Antisana, sobre la cordillera oriental de los Andes, es el único volcan de Quito en que Humboldt observara cerca de la cumbre algo análogo á una corriente de lavas; corriente que por completo se asemejaba a la obsidiana.» *Descrip. de las islas Canarias*, 1836, p. 468 y 488.

(33) Pág. 287.—Naumann, *Geognosia*, t I, p. 160.

(34) Pag. 287.—Humboldt, *Misceláneas de Geolog. y de Física gen.*, 1854, t. I, p. 183.

(35) Pág. 288.—«Disentimos enteramente acerca de la pretendida corriente del Antisana hácia Pinantura. Considero esta corriente como un levantamiento reciente, análogo á los de Calp (Yana-Urcu), de Pisco y de Jorullo. Los fragmentos traquíticos han tomado mayor espesor hácia la mitad de la corriente. Su *capa* es mas espesa tambien hácia Pinantura que en puntos mas aproximados al Antisana. El estado fragmentario es un efecto del levantamiento local, y los temblores de tierra pueden ser

Digitized by Google

producidos en la cordillera de los Andes, á menudo, por amontonamientos.» (Carta de Boussingault, Agosto de 1834.) Boussingault dice en la descripcion de su ascension al Chimborazo (Diciembre de 1831): «La masa del Chimborazo está formada por la acumulacion de restos traquíticos, amontonados en desórden. Estos fragmentos traquiticos, de un volúmen enorme á veces, salieron en el estado sólido; sus ángulos son siempre cortantes; nada indica que haya habido fusion ni aun un simple estado de reblandecimiento. En ninguno de los volcanes del Ecuador se observa cosa que pueda hacer presumir la existencia de una corriente de lava. Jamás surgieron de estos cráteres sino deyecciones lodosas, fluidos elásticos ó pedruscos incandescentes de traquito mas ó menos escorificados frecuentemente lanzadas á grandes distancias.» (Véase Humboldt, *Misceláneas de Geolog. y de Física general*, t. I, p. 212.) Sobre el orígeu de la opinion que supone que las masas sólidas se amontonaron en pedruscos por via de levantamiento, véase Acosta en los *Viajes á los Andes ecuatoriales por Boussingault*, 1849, p. 222 y 223. Segun las conjeturas del célebre viajero, las sacudidas terrestres y otros fenómenos, al poner en movimiento los pedruscos acumulados, y las cavidades, al llenarse poco á poco, acarrearon un hundimiento sucesivo en las cumbres de las montañas volcánicas.

(36) Pag. 289.—Véase Humboldt, *Asia central*, t. II, p. 296-301; Rose, *Mineral. geognost. Reise nach dem Ural, dem Altai und dem Kaspischen Meere*, t. I, p. 599. Puede que, cuando el primer hundimiento de la corteza terrestre, muros de granito estrechos y alargados se hayan elevado sobre fallas análogas á las anchas fallas de 30 á 40 pies, que quedaron abiertas al pie del Pichincha, y que se designan en Quito bajo el nombre de *Guaycos*. Véase Humboldt, *Misceláneas de Geolog. y de Física gener.*, t. I, 1854, p. 28.

(37) Pág. 289.—La Condamine, *Medida de los tres primeros Grados del Meridiano, en el Hemisferio austral*, 1751, p. 56.

(38) Pág. 289.—Ni el Passuchoa, ni el Atacazo, de que está separado por la alquería del *Tambillo*, llegan á la region de las nieves perpétuas. El borde del cráter, *la Peila*, se ha desplomado del lado del O., pero al E. se eleva en forma de anfiteatro. Refiérese en el país que el Passuchoa, en otro tiempo muy activo, se estinguió para siempre, en el siglo XVI, con ocasion de una erupcion del Pichincha, lo cual confirma la comunicacion entre los focos de las Cordilleras orientales y occidentales, situadas unas enfrente de otras. El valle propiamente dicho de Quito, cerrado, al N., por el nudo de montaña comprendido entre Cotocachi é Imbaburo; al S., por los Altos de Chisinchi, que corren entre 0° 20′ N. y 0° 40′ S., está dividido, en la mayor parte de su longitud, por las montañas de Ichim-

Digitized by Google

bio y de Poingasi. Al E. se halla el valle de Puembo y de Chillo, al O. la llanura de Iñaquito y de Turubamba. En la Cordillera oriental se suceden, de N. á S.: Imbaburo, las Faldas de Guamani y de Antisana, Sinchulahua y el muro negro perpendicular de Rumiñaui (ojo de piedra), que parece coronado de almenas; en la Cordillera occidental: el Cotocachi, Casitagua, Pichincha, Atacazo y Corazon, en cuya vertiente florece la linda planta alpina, Ranunculus Gusmani de color rojo. Me ha parecido oportuno representar en algunos trazos y al natural el relieve de un terreno clásico, tan importante para la geología de los volcanes.

(39) Pág. 291.—Es admirable que el potente Cotopaxi, que manifiesta una inmensa actividad, si bien á grandes intervalos las mas de las veces, y que deja sentir su presencia sobre todo en los alrededores por las inundaciones que ocasiona, no emita, en los intervalos de sus erupciones periódicas, ningun vapor visible, de la meseta de Lactacunga, ni del Páramo de Pansacho. El exámen comparativo de muchos colosos volcánicos no permite esplicar semejante fenómeno por la altura de la montaña, que es de unos 18,000 pies, ni por el aire rarificado que supone esta altura. Por lo demás, ningun Nevado de las cordilleras ecuatoriales se muestra tan frecuentemente desembarazado de nubes, y con tan ostentosa perfeccion como la parte del Cotopaxi que se eleva sobre el límite de las nieves perpétuas. La regularidad no interrumpida de este cono de cenizas, es mucho mas sorprendente que la del colocado en la cumbre del pico de Tenerife, el cual presenta en toda su longitud un muro saliente de obsidiana. Preténdese que la parte superior del Tungurahua era la única que se aproximaba á la del Cotopaxi por la regularidad de su forma; pero la terrible catástrofe de Riobamba (4 febrero de 1797), ha desfigurado esta montaña, produciendo en ella quiebras, derribando rocas, precipitando y amontonando restos de bosques por todas partes. Acá y allá, en el Cotopaxi, como ha observado Bouguer, la nieve mezclada con los trozos de piedra pomez compone una masa casi compacta. La capa de nieve presenta sin embargo, hácia el N. O., una pequeña desigualdad causada por dos valles semejantes á quiebras. De lejos, no pueden verse las crestas de rocas negras que se levantan hácia la cumbre, aunque, en la erupcion del 24 de junio y 9 de diciembre de 1742, apareciese una abertura lateral á la mitad del camino del cono de cenizas cubierto de nieve. Se lee en Bouguer (*Figura de la Tierra*, p. 68): «Abrióse una nueva boca hácia el medio de la parte contínuamente nevada, mientras que la llama salia siempre por lo alto del cono truncado.» Solo muy cerca de la cumbre se perciben algunas estrías negras paralelas, pero interrumpidas. Observadas con un anteojo y en dias diferentes, me parecian crestas de rocas. Toda esta parte superior es mas escarpada, y forma, cerca del paraje en que el cono está truncado, un muro circular

Digitized by Google

de desigual altura, que á la simple vista no puede sin embargo distinguirse á gran distancia. La descripcion que tengo dada de esta circunvalacion superior y casi perpendicular llamó vivamente la atencion de dos ilustres geólogos, Darwin (*Volcanic Island*, 1844, p. 83), y Dana *Geology of the U. St. Explor. Expedit.*, 1849, p. 356). Los volcanes de las islas Galápagos, el Diana-Peak (isla de Santa Elena), el pico de Tenerife y el Cotopaxi presentan combinaciones análogas. El punto mas elevado, cuyo ángulo de altura he determinado cuando medí trigonométricamente el Cotopaxi, estaba situado sobre una parte convexa y negra. Quizá sea el borde de un cráter mas alto y mas alejado, lo que permite ver la pared interior, ó bien la ausencia de la nieve sobre la roca saliente pueda esplicarse por la escarpadura y por el calor del cráter. En el otoño de 1800, durante una noche se ha visto iluminarse toda la parte superior del cono de cenizas sin que haya seguido erupcion ni aun emision de vapores visibles. Pero cuando la espantosa erupcion del 4 de Enero de 1803, durante mi estancia en la costa del Pacífico, las detonaciones del volcan conmovieron los vidrios de las ventanas en el puerto de Guayaquil, á 37 millas de distancia. El cono de cenizas habia perdido toda su nieve y su aspecto anunciaba alguna catástrofe. ¿Se habia notado este efecto hasta entónces? Muy recientemente, segun Ida Pfeiffer, viajera intrépida que está verificando su segunda vuelta al mundo, (*Meine zweite Weltreise*, t. III, p. 170), el Cotopaxi ha tenido, á principios de abril de 1854, una erupcion violenta de humo, escapándose en espesas columnas, del medio de las cuales el fuego se destacaba en zigzags de relámpagos. ¿Sería este fenómeno luminoso efecto de una tempestad volcánica, causada por la evaporacion? Desde 1851 las erupciones son frecuentes.

Cuanto mas regular es la forma del cono truncado y cubierto de nieves del Cotopaxi, admira mas ver, en el límite inferior de la region de las nieves y al nacimiento del cono al S. O. de la cumbre, una pequeña masa de roca cortada de rara manera, de donde se elevan tres ó cuatro puntos. La escarpadura de esta masa roquiza hace probablemente que la nieve no quede allí mas que en ciertos sitios. Una ojeada sobre mi *Atlas pintoresco* (lám. 10) bastará para comprender claramente la posicion de esta roca relativamente al cono de cenizas. En la *Quebrada* y en el *Reventazon de Minas*, es donde me he aproximado mas á esta masa negruzca, probablemente basáltica. Aunque desde hace siglos y en toda la provincia esta colina, cuyo aspecto singular admira á gran distancia, lleva generalmente el nombre de *Cabeza del Inga*, circulan sin embargo entre los indios dos tradiciones diferentes sobre su orígen: de un lado, se limitan á afirmar, sin precisar la época de este acontecimiento, que la roca es la cumbre desplomada del volcan que en otro tiempo acababa en punta; la otra hipótesis fija la época de este desplome en el año de 1533, en que el

Digitized by Google

Inca Atahualpa fué estrangulado en Caxamarca, y refiere la catástrofe á la espantosa erupcion ígnea del Cotopaxi, descrita por Herrera, que siguió en el mismo año, y á una profecia del padre de Atahualpa, Huayna Capac, que anunciaba oscuramente el próximo fin del imperio del Perú. La parte comun á las dos hipótesis, es decir la opinion de que la roca formaba en otro tiempo la cumbre del cono, ¿es un eco vago de la tradicion, ó el recuerdo confuso de un acontecimiento real? Preténdese que los indígenas, cuyo estado de cultura es tan atrasado, pueden bien apoderarse de los hechos y conservar su recuerdo, pero no deducir de ellos combinaciones geológicas; combato la exactitud de esta objecion. La idea de que un cono truncado ha perdido su punta, arrojándola á lo lejos sin romperla, como se han visto grandes pedruscos precipitados en las erupciones posteriores, puede muy bien presentarse en un espíritu inculto. La pirámide de gradas de Cholula, monumento de la arquitectura de los Toltekas, está truncada. Los indígenas sentian la necesidad de representarse la pirámide como completamente concluida en su orígen. Para este fin se imaginó la leyenda de que un aereolito caido del cielo destruyó su cima; llegando hasta á mostrar á los *Conquistadores* españoles fragmentos de este aereolito. ¿Cómo puede, por lo demás, colocarse la primera erupcion del Cotopaxi en una época, en que habia existido ya el cono de cenizas, evidentemente formado por una série de erupciones? Me parece probable que la *Cabeza del Inga* provenga de un levantamiento en el mismo sitio que ocupa hoy, como el Yana-Urcu al pié del Chimborazo, y como, en el Cotopaxi mismo, el *Morro*, situado al S. de Suniguaicu y al N. O. de la pequeña Laguna Yurakcocha, ó lago blanco, en la lengua Qquechhua.

He dicho, en el primer tomo de mis *Misceláneas de Geolog. y de Física general* (p. 513 y 514), que la primera parte del nombre de Cotopaxi es susceptible de interpretarse, con ayuda de la lengua Qquechhua, en la que la palabra *ccotto* significa casa; el significado de *pacsi* es desconocido. La Condamine (p. 53) dice que *Cotopaxi* significa en el idioma de los Incas *casa brillante*; pero, segun observa Buschmann, aquel ha confundido *pacsi* con *pacsa*, palabra enteramente distinta, que significa brillo, resplandor, claridad, y particularmente la dulce claridad de la Luna. Para espresar una masa brillante, era menester, segun las reglas gramaticales de la lengua Qquechhua, invertir las dos palabras y decir *pacsascotto*.

(40) Pág. 292.—Hoffmann, en los *Annalen* de Poggendorff, t. XXVI, 1832, p. 48.

(41) Pág. 292.—Bouguer, *Figura de la Tierra*, p. 68. ¡Cuantas veces, desde el temblor de tierra de 19 de julio de 1698, la pequeña ciudad de Lactacunga ha sido destruida y reconstruida sobre masas de piedra po-

Digitized by Google

mez sacadas de las canteras subterráneas de Zumbalica! Se me han enseñado, durante mi residencia allí, copias de antiguos manuscritos destruidos ó de piezas mas recientes, restos de los archivos de la ciudad, de donde resulta que las catástrofes tuvieron lugar en 1703, 1736, el 9 de diciembre de 1742, el 30 de diciembre de 1744, el 22 de febrero de 1757, el 10 de febrero de 1766 y el 4 de abril de 1768; y por consiguiente, siete veces en un espacio de sesenta y cinco años. He hallado todavia, en 1802 cuatro quintos de la ciudad en ruinas, por consecuencia del gran temblor de tierra de Rio-Bamba (4 de febrero de 1797).

(42) Pág. 293.—El ingenioso geólogo Abich ha reconocido ya esta diferencia (*über Natur und Zusammenhang vulkanischer Bildungen*, 1841, p. 83).

(43) Pág. 293.—La roca del Cotopaxi tiene esencialmente la misma composicion mineralógica que los volcanes cercanos del Antisana y Tungurahua: traquito formado de oligoclase y de augita, es decir, la roca del Chimborazo, lo cual prueba la identidad de las rocas volcánicas en las Cordilleras que se hallan unas frente á otras. En las muestras recogidas por mí en 1802, y por Boussingault en 1831, la masa principal es en parte clara ó de un gris verdoso, brillante como pestein y trasparente en las aristas; en parte negra, casi como el basalto, con poros grandes y pequeños, de paredes brillantes. El oligoclase, adherido á esta masa, está circunscrito en ella limpiamente, afectando unas veces la forma de cristales muy brillantes, y muy distintamente rayados en las caras de la fractura, estando las otras en pequeña proporcion, difícil de reconocer. Las augitas que hay allí mezcladas en porcion esencial son de un verde negruzco, y sus dimensiones muy diversas. Hojas de mica oscura y granos negros de hierro magnético, que ofrecen el brillo del metal, están en ellas diseminadas en pequeñísima cantidad, y por casualidad seguramente. En los poros de un fragmento que contiene bastante oligoclase, se halla un poco de azufre nativo, depositado probablemente por los vapores de azufre que todo lo penetran.

(44) Pág. 294.—«El volcan de Maypo (lat. aust. 34° 15′), que jamás arrojó piedra pomez, está á dos jornadas de la colina de Tollo, de 300 pies de altura, y compuesto de piedra pomez que contiene feldespato vítreo, cristales oscuros de mica y pequeños fragmentos de obsidiana. Es, pues, esta una erupcion (independiente) aislada al pie de los Andes y cerca de la llanura.» Buch, (*Descripcion física de las islas Canarias*, 1836, p. 470.)

(45) Pág. 294.—Guerolt, *Cartas geognósticas de los principales distritos minerales de Méjico*, 1827, p. 5.

Digitized by Google

(46) Pág. 295.—Véase sobre la solidificacion y formacion de la corteza terrestre, *Cosmos*, t. I, p. 155-157. Los esperimentos de Bischof, Deville y Delesse han derramado nueva luz sobre el grieteamiento del globo. Pueden verse tambien las sensatas reflexiones que anteriormente habia hecho Babbage, al esplicar, por un efecto del calor, el problema que presenta el templo de Serapis al N. de Pozzuoli (*Quarterly Journal of the geological Society of London*, t. III, 1847, p. 186); V. Deville, *sobre la disminucion de densidad en las rocas cuando pasan del estado cristalino al estado vítreo*, en las *Mem. de la Academia de Ciencias*, t. XX, 1845, p. 1453; Delesse, *sobre los efectos de la fusion, id.*, t. XXV, 1847, p. 545; Frapolli, *sobre el carácter geológico*, en el *Boletin de la Sociedad geológica de Francia*, 2.ª série, t. IV, 1847, p. 627, y Beaumont, en su importante obra titulada: *Noticia sobre los sistemas de montañas*, 1852, t. III. Los tres capítulos siguientes merecen sobre todo la atencion de los geólogos: *Consideraciones sobre los levantamientos debidos á una disminucion lenta y progresiva del volúmen de la Tierra*, p. 1330; *sobre el aplastamiento trasversal, como una de las causas de la elevacion de las cadenas de montañas*, p. 1317, 1333 y 1346; *sobre la contraccion que las rocas fundidas esperimentan al cristalizarse, tendiendo, desde el principio del enfriamiento del globo, á hacer su masa interna mas pequeña que la capacidad de su envuelta esterior*, p. 1235.

(47) Pág. 296.—»Las aguas calientes de Saragyn, á la altura de 5,260 pies, son notables por el papel que desempeña el gas ácido carbónico que las atraviesa en el tiempo de los temblores de tierra. El gas, en esta época, como el hidrógeno carbonatado de la peninsula de Apcheron, aumenta de volúmen y se calienta antes y durante los temblores de tierra en la llanura de Ardebil. En la península de Apcheron la temperatura se eleva de 20° hasta la inflamacion espontánea en el momento y en el sitio de una erupcion ígnea, pronosticada siempre por temblores de tierra en las provincias de Chemakhi y de Apcheron.» (Abich, en las *Misceláneas físicas y químicas*, t. II, 1855, p. 364 y 365.) Véase tambien *Cosmos*, t. IV, p. 155.

(48) Pág. 296.—*Cosmos*, t. IV, p. 220.

(49) Pág. 296.—Hopkins, *Researches on physical Geology*, en las *Philos. Transact. for* 1839, 2.ª parte, p. 311; *for* 1840, 1.ª parte, p. 193; *for* 1842, 1.ª parte, p. 43. Véase tambien, sobre las condiciones de estabilidad de la superficie terrestre, *Theory of Volcanos*, en el *Report of the* 17th *meeting of the British Association*, 1847, p. 45-49.

(50) Pág. 296.—Naumann, *Geognosia*, t. I, p. 66-67; Bischof, *Wärmelehre*, p. 382; Lyell, *Principles of Geology*, 1853, p. 536-547 y 562. Quatrefages, en sus *Recuerdos de un naturalista*, no menos agradables que

Digitized by Google

instructivos, evalua el límite superior de las capas líquidas fundidas en la profundidad insignificante de 20 *kilómetros:* «pues que la mayor parte de los silicatos, dice, se funden ya á 666° cent.« Pero Rose me escribió que este número es menor que el verdadero. «La temperatura de 1300°, que Mitscherlich ha fijado, dice, como punto de fusion del granito (*Cosmos*, t. I, p. 355, nota 13), es ciertamente el mínimun. He hecho colocar granito muchas veces en los sitios mas calientes de los hornos de porcelana, y nunca se fundia sino imperfectamente. La mica solo se funde con el feldespato y produce un vidrio vesicular; el cuarzo resulta opaco, pero no se funde. Lo mismo sucede con todas las rocas que contienen cuarzo; y aun puede emplearse este medio para descubrir el cuarzo en las rocas en que está en tan pequeña cantidad que es imposible reconocerle á la simple vista: por ejemplo, en la sienita de Plauen, y en la diorita que hemos traido, en 1829, de Alapajewsk, en el Ural. Toda roca que, como el basalto por ejemplo, no contiene cuarzo y en general minerales tan ricos en ácido silíceo como el granito, se funde mas fácilmente que el granito y forma vidrio perfecto, cuando se somete al calor de la porcelana, pero sobre uua lámpara de espíritu de vino y de doble corriente de aire, que ciertamente es capaz de producir un calor de 666° centesimales. Cuando los notables esperimentos de Bischof para fundir en un molde una bala de basalto, esta roca ha aparecido, segun suposiciones hipotéticas, de una temperatura 168° Reaumur mas elevado que el punto de fusion del cobre. (*Wärmelehre des Innern unsers Erdkörpers*, p. 473.)

(51) Pág. 297.—*Cosmos*, t. IV, p. 149. V. tambien, sobre la distribucion desigual del suelo de hielo y su profundidad, independiente de las latitudes geográficas en que empiezan, las observaciones notables del capitan Franklin, de Erman, de Kupffer, y principalmente la de Middendorff, *Id.*, p. 39 y 43.

(52) Pág. 298.—Leibnitz, *Protogæa*, § 4.

(53) Pág. 298.—*Cosmos*, t. I, p. 224; Ukert, *Geographie der Griechen und Römer*, 2.ª parte, p. 198.

(54) Pág. 299.—*Cosmos*, t. I, p. 417 (nota 30); t. IV, p. 205.

(55) Pág. 299.—Curtius, *Poloponesos*, t. II, p. 439.

(56) Pág. 299.—Sobre el Vivarais y el Velay, véanse las últimas y exactísimas investigaciones de Girard en sus *Geologische Wanderungen*, t. I, 1856, p. 161, 173 y 214. Los antiguos volcanes de Olot han sido descubiertos por el geólogo americano Maclure en 1808. Lyell los visitó en

Digitized by Google

1830, y los ha descrito y reproducido fielmente por medio de grabados en su *Manual of Geology* 1855, p. 538-542.

(57) Pág. 299.—Ross, *Reisen auf den griechischen Inseln*, t. II, p. 69 y p. 78.

(58) Pág. 300.—Murchison, *Siluria*, p. 20 y 55-58. Véase tambien Lyell, *Manual*, p. 563.

(59) Pág. 300.—Scoreby, *Account of the arctic regions*, t. I, p. 155-169, lám. V y IV.

(60) Pág. 300.—Buch, *Descrip. de las islas Canarias*, p. 357-369, y Landgrebe, *Naturgeschichte der Vulkane*, 1858, t. I, p. 121-136. Son dignas de estudio las murallas de los cráteres de levantamiento (Caldeiras) en las islas de San Miguel, Fayal y Terceira; véanse los mapas del capitan Vidal. Las erupciones de Fayal (1672) y de San Jorge (1580 y 1808) parecen depender del volcan principal, que es el Pico.

(61) Pág. 300.—*Cosmos*, t. IV, p. 223.

(62) Pág. 301.—Waltershausen, *Physis. geograh. Skizze von Island*, p. 108 y 112.

(63) Pág. 301.—Véanse los resultados de las observaciones hechas en Madera por Lyell y Hartung, en el *Manual of Geology*, 1855, p. 518-525.

(64) Pág. 301.—Vease Darwin, *Volcanic Islands*, 1844, p. 23, y el teniente Lee, *Cruise of the U. S. Brig Dolphin*, 1854, p. 80.

(65) Pág. 302.—Véase la escelente descripcion de la isla de la Ascension, en Darwin, *Volcanic Islands*, p. 40 y 41.

(66) Pág. 302.—V. Darwin, *id.*, p. 84 y 92, sobre el *great hollow space or valley southward of the central curved ridge across which the half of the crater must once have extended.* «It is interesting, dice Darwin, to trace the steps by which the structure of a volcanic district becomes obscured and finally obliterated.» Véase tambien *Geognosy of the Island of St-Helena*, p. 28.

(67) Pág. 302.—Petermann's, *Geographische Mittheilungen*, 1855, n.° 3, p. 84.

(68) Pág. 303.—Véase Kendal, en *Journal of the geograph. Society*, t. I, 1831, p. 62, y Dana, *U. S. Exploring Expedition*, t. X, p. 548.

Digitized by Google

(69) Pág. 303.—Rocks. V. Darwin, *id.*, p. 31-33 y 125.

(70) Pág. 303.—Daussy, *sobre la existencia probable de un volcan submarino en el Atlántico*, en las *Mem. de la Academ. de Ciencias*, t. IV, 1838, p. 512; Darwin, *Volcanic Islands*, p. 92; Lee, *Cruisse of the U, S. Brig Dolphin*, p. 2, 55 y 61.

(71) Pág. 304.—Gumprecht, *die vulkanische Thätigkeit auf dem Festlande von Africa in Arabien und auf den Inseln des rothen Meeres*, 1849, p, 18.

(72) Pág. 305.—Dufrenoy, en las *Mem.*, t. XXII, p. 806-810.

(73) Pág. 305.—*Cosmos*, t. I, p. 420 (nota 37). Sobre el conjunto de los fenómenos conocidos hasta el presente en Africa, véase Landgrebe, *Naturgeschichte der Vulkane*, t. I, p. 195-219.

(74) Pág. 306.—Ainsworth da como altura del Demavend 2,298 toesas sobre el nivel del mar; pero segun la rectificacion de una altura barométrica, alterada sin duda por eror de cifras (*Asia central*, t. III, p. 327), dicha elevacion es de 2,914 toesas, segun las tablas de Oltmanns. Los ángulos de altura, calculados con mucha exactitud en 1839 por mi amigo el capitan ruso Lemm, aumentan esta cifra y la hacen subir á 3,141 toesas; pero la distancia no ha sido calculada trigonométricamnnte, sino que descansa en la suposicion de que el volcan Demavend está á 66 verstas de Teheran (1 grado ecuatorial = 104 $^{3}/_{10}$ verstas). Parece, pues, que el volcan nevado de Demavend, situado tan cerca de la costa meridional del mar Caspio, pero á 150 millas geográficas de las costas de Cólquida, escede al gran Ararat en 2,800 pies y al Elburuz del Cáucaso en unos 1,500 pies. Sobre el volcan Demavend, véase Ritter, *Erdkunde von Asien*, t. VI, 1.ª parte, p. 551-571, y sobre la relacion entre el nombre *Albordj* de la geografía mítica, y por consiguiente muy vago del pueblo Zend, con los nombres modernos *Elburz* (Koh Alburz de Kazwini) y *Elburuz*, *id.*, p. 43-49, 424, 552 y 555.

(75) Pág. 306.—Humboldt, *Asia central*, t. I, p. 124-129; t. II, página 433-435.

(76) Pág. 307.—Humboldt, *id.*. t. II, p. 427 y 483.

(77) Pág. 307.—*Cosmos*, t. IV, p. 228.

(78) Pág. 308.—Wellsted, *Travels in Arabia*, t. II, p. 466-468.

(79) Pág. 308.—*Cosmos*, t. I, p. 224.

(80) Pág. 308.—*Reisen in Europa, Asien und Afrika*, t. II, 1.ª parte, 1843, p. 54.

Digitized by Google

(81) Pág. 308.—Ritter, *Erdkunde von Asien*, t. VIII, 1.ª parte, p. 664-707, 889-891 y 1021-1034.

(82) Pág. 308.—Humboldt, *Asia Central*, t. I, p. 201-203; t. II, página 7-61.

(83) Pág. 308.—*Asia Central*, t. II, p. 16-20, 39-50 y 335-364.

(84) Pág. 309.—*Journal of the Asiatic Society of Bengal*, t. IV, 1835, 657-664.

(85) Pág. 310.—*Asia Central*, t. II, p. 99.

(86) Pág. 310.—*Asia Central*, t. II, p. 92-104.

(87) Pág. 311.—*Asia Central*, t. II, p. 9 y 54-58; *Cosmos*, t. IV, p. y nota 87.

(88) Pág. 311.—Las alturas del Elburuz, del Kasbegk y del Ararat, están tomadas de las noticias de Struve (véase *Asia Central*, t. II, p. 59). La indicada para el volcan estinguido de Savalan, al O. de Ardebil (15,760 p. ing.), se funda en una medida de Chanykow (véase Abich, en las *Miscelánea físicas y químicas*, t. II, p. 361). Para evitar repeticiones molestas, declaro aquí que he tomado todo lo que en la parte geológica del *Cosmos*, concierne al importante istmo del Cáucaso, de los trabajos manuscritos de Abich que datan de 1852 á 1855, que puso á mi disposicion desinteresadamente.

(89) Pág. 311.—Abich, *Noticia esplicativa de una vista del Ararat*, en el *Boletin de la Sociedad de Geografía de Francia*, 4.ª série, t. I, p. 516.

(90) Pág. 313.—Erman, *Reise*, t. III, p. 253; Buch, *Islas Canarias*, p. 417.

(91) Pág. 314.—Lutke, *Viaje alrededor del mundo;* Erman, *Reise*. (histor. Bericht), t. III, p. 494 y 534-540.

(92) Pág. 314.—*Cosmos*, t. IV, p. 222.

(93) Pág. 314.—Erman, *Reise*, t. III, p. 469.

(94) Pág. 314.—Lutke, *Viaje alrededor del mundo*, t. III, p. 85.

(95) Pág. 314.—Erman, *Reise*, t. III, p. 261-317 y *Physische Beobachtungen*, t. I, p. 400-403.

(96) Pág. 315.—Buch, *Islas Canarias*, p. 542; Landgrebe, *Vulkane*, t. I, p. 375.

Digitized by Google

(97) Pág. 315.—Erman, *Physische Beobachtungen*, t. I, p. 400-403 y 407.

(98) Pág. 315.—Lutke, *Viaje alrededor del mundo*, t. III, p. 86; Landgrebe, *Vulkane*, t. I, p. 375 386.

(99) Pág. 316.—Erman, *Reise*, t. III, p. 359.

(100) Pág. 316.—Humboldt, *Cuadros de la Naturaleza*, t. II, p. 283 de la traduc. franc.

(1) Pág. 316.—Schmitd, *Neue Bestimmungen am Vesuv*, 1856, p. 1, 16 y 33.

(2) Pág. 317.—*Boletin de la clase físico-matemática de la Academia de Ciencias de San Petersburgo*, t. XIV, 1846, p. 246.

(3) Pág. 317.—Erman, *Reise*, t. III, p. 221, 228 y 273; Buch, *Islas Canarias*, p. 454.

(4) Pág. 318.—*Cosmos*, t. IV, p. 276.

(5) Pág. 318.—Véanse las ingeniosas observaciones de Dana, sobre las *Curvatures of ranges of islands*, cuya convexidad está dirigida casi generalmente, en el océano Pacífico, hácia el S. ó S. E. (*U. St. Exploring Expedition by Wilkes*, t. X, 1840, p. 419).

(6) Pág. 318.—La isla Saghalin Tschoka ó Tarakai es designada por los marinos del Japon con el nombre de Krafto, que se escribe Karafuto. Hállase situada frente á la embocadura del rio Amor (rio Negro, Saghalian Ula), y habitada por los Ainos, de color oscuro, algunas veces algo velludos y de costumbres dulces. El almirante Crusenstern, como antes La Pérouse (1787) y Broughton (1797), creia que Saghalin estaba en comunicacion con el continente asiático por un istmo estrecho y arenoso (lat. 52° 5′); pero segun las curiosas noticias sobre el Japon de Siebold, un mapa trazado en 1808 por Mamia Rinsô, gefe de una Comision imperial japonesa, representaba á Krafto no como península sino como una isla (Ritter, *Erdkunde von Asien*, t. III, p. 388). Siebold dice que el resultado obtenido por Mamia Rinsô se ha confirmado plenamente en 1855, por el hecho de que la flota rusa, amarrada en la bahía de Castries (latitud 51° 29′), cerca de Alejandrowsk y por consiguiente al S. del pretendido istmo, pudo sin embargo retirarse á la embocadura del Amor (lat. 52° 54′). Cierto es que no se ha hallado en algunos puntos, y en el sitio donde se suponia existir comunicacion, mas que una profundidad de cinco nudos. La isla empieza á tomar importancia política, por la proximidad de los grandes rios Amor y Saghalin. Su nombre, que se

Digitized by Google

pronuncia Karafto ó Krafto, es contraccion de Kara-fu-to, que quiere decir, segun el sábio é ingenioso Sieboldt: *isla que limita á Kara*. La palabra *Kara* designa, en el dialecto chino-japonés, la *China del Norte* (Tartaria), y *fu* significa *vecino, limítrofe*. *Tschoka* es una corrupcion de *Tsjokai*, y *Tarakaï* está sacado erróneamente, del nombre de una aldea aislada llamada *Taraika*. Segun Klaproth (*Asia polyglota*, p. 301), *Taraikai* ó *Tarakai* es el nombre indígena de toda la isla. Véanse las notas de Schrenk y del capitan Wittingham, en Petermann, *Geograph. Mittheilungen*, 1856, p. 176 y 184; y Perry, *Expedition to Japan*, t. I, p. 465.

(7) Pág. 319.—Dana, *Geology of the Pacific Ocean*, p. 16. Ademas de las fallas meridianas del archipiélago situado al S. E. de Asia, las costas de la Cochinchina á partir del golfo de Tonkin, las costas de Malaca, desde el golfo de Siam y aun las de la Nueva-Holanda al S. del paralelo 25, están tambien cortadas las mas de las veces en la direccion de N. á S.

(8) Pág. 322.—*Entdeckungs-Reise*, t. II, p. 106.

(9) Pág. 324.—Humboldt, *Fragmentos de Geologia y de Climatologia asiáticas*, t. I, p. 217-234, y *Asia Central*, t. II, p. 540-552.

(10) Pág. 325.—Heine, *Reise nach Japan*, 1852, t. II, p. 4.

(11) Pág. 326.—Siebold, *Atlas vom Japan. Reiche*, tab. XI.

(12) Pág. 226.—Landgrebe, *Naturgeschichte der Vulcane*, t. I, p. 355.

(13) Pág. 327.—Lutke, *Viaje alrededor del mundo, en los años* 1826-1829, t. III, p. 117.

(14) Pág. 328.—Véanse los fragmentos sacados de la *Enciclopedia japonesa*, y traducidos por Julieu, en mi *Asia Central*, t. II, p. 551.

(15) Pág. 329.—Véase *Kaart van den Zuid-en-Zuidwest-Kust van Japan door*, Siebold, 1851.

(16) Pág. 330.—Perry, *Expedition to Japan*, t. I, p. 200, 209 y 500.

(17) Pág. 330.—Véanse mis *Fragmentos de Geologia y de Climatologia asiáticas*, t. I, p. 82, que se publicaron poco despues de mi vuelta de Siberia, y el *Asia Central*, en la que he combatido la opinion de Klaproth, de que habia participado en otro tiempo y que presentaba como probable la conexion de las montañas nevadas del Himalaya con la provincia china de Yun-nan, que bajo el nombre de Nanling, forman el N. O. de Canton. Las montañas de Formosa, de 11,000 pies de altura,

Digitized by Google

pertenecen, como el Ta-gu-ling, que limita á Fu-kian por el O., al sistema de fallas meridianas que surca el Assam superior, en el pais de los Birmanos y en el grupo de las Filipinas.

(18) Pág. 330.—*Cosmos*, t. IV, p. 219.

(19) Pág. 330.—Dana, *Geology*, en la coleccion del *Exploring Expedition*, t. X, p. 540-545; Hofmann, *Geognost. Beobach. auf der Reise von Kotzebue*, p. 70; Buch, *Descripcion física de las islas Canarias*, p. 435-439. Véase el grande y excelente mapa de dos hojas de las *Islas Filipinas*, por el piloto don Antonio Morati (Madrid, 1852).

(20) Pág. 331.—Marco Polo distingue (parte 3.ª, c. 7 y 8), *Giava minore* (Sumatra), en donde permaneció durante cinco meses, y pintó el Elefante, que no existe en Java (véase Humboldt, *Exámen crítico de la Historia de la Geografía*, t. II, p. 218), de *Giava maggiore*, descrita anteriormente, y de la cual dice; «la quale, secondo dicono i marinai, che bene lo sanno, é l' isola più grande che sia al mondo.» Esta observacion es aun hoy verdadera. Segun el mapa de Borneo y de Celebes de Brooke y el capitan Rodney Mundy, hallo que la superficie de Borneo, que es de 12,920 millas cuadradas, casi equivale á la de la isla de Nueva-Guinea, pero representa solo una décima parte del continente de Nueva-Holanda. La cantidad de oro y las inmensas riquezas que segun las indicaciones de Marco Polo, los *Mercanti di Zaiton e del Mangi* esportaban de esta comarca, prueban que bajo el nombre de *Java major* comprendia á Borneo, como Behaim, en el globo de Nurenberg (1492) y Ruysch, en la edicion de Tolomeo que publicó en Roma en 1808, y que es de tan grande importancia para la historia del descubrimiento de América.

(21) Pág. 332.—El mapa del capitan Mundy *(Coast of Borneo proper*, 1847), da asimismo (14,000 pies). Véanse las dudas que se han suscitado sobre esta evaluacion, en Junghuhn, *Java*, t. II, p. 850. El coloso kina-Bailu no es una montaña cónica; sino que mas bien se asemeja por su forma á las montañas de basalto que se hallan en todas las latitudes, y presentan una larga cima terminada por dos cumbres redondeadas.

(22) Pág. 332.—Brooke, *Borneo and Celebes*, t. II, p. 382, 384 y 386.

(23) Pág. 332.—Horner, en las *Verhandelingen van het Bataviaasch Genootschap van kunsten en wetenschappen*, deel XVII, 1839, p. 284; *Asia central*, t. III, p. 534-537.

(24) Pág. 332.—*Cosmos*, t. IV, p. 252.

Digitized by Google

(25) Pág. 332.—Junghuhn, *Java*, t. II, p. 809 (*Battaeünder*, t. I, p. 39).

(26) Pág. 333.—*Cosmos*, t. IV, p. 256.

(27) Pág. 233.—*Java*, t. II, p. 818-828.

(28) Pág. 334.—*Id.*, p. 840-842.

(29) Pág. 334.—*Id.*, p. 853.

(30) Pág, 336.—Lyell, *Principles of Geology*, 1853, p. 447, donde se halla una magnífica vista y una proyeccion del volcan.

(31) Pág. 336.—Buch, en las *Abhandlungen der Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, años de 1818 y 1819, p. 62.

(32) Pág. 336.—Silliman's *American Journal*, t. XXXVIII, p. 385.

(33) Pág. 336.—Saint-Vincent, *Viaje á las cuatro islas de Africa*, t. II, p. 429.

(34) Pág. 337.—Darwin, *Coral Reefs*, p. 122.

(35) Pag. 337.—Valentyn, *Beschryving van Oud en Nieuw Oost-Indiën*, deel III, 1726, p. 70: *Het Eyland St. Paulo*. Véase Lyell, *Principles*, p. 446.

(36) Pág. 338.—«No hemos podido formar, dice d'Entrecasteaux, ninguna conjetura sobre la causa del incendio de la isla de Amsterdam. Hallábase quemada en toda su estension, y hemos reconocido muy distintamente el olor de madera y de tierra abrasadas. Nada hemos visto que pudiese hacer presumir que el incendio fuese efecto de un volcan» (t. I, p. 45). «Sin embargo, habia ya dicho (p. 43), hánse notado á lo largo de la costa que seguiamos y de donde la llama estaba bastante lejos, pequeñas humaredas que parecian salir de la Tierra como por surtidores; sin que no obstante se haya podido distinguir el menor indicio de fuego alrededor, aunque estuvimos muy cerca de la Tierra. Estas humaredas que se mostraban por intérvalos han parecido á los naturalistas indicios casi seguros de fuegos subterráneos.» ¿Puede atribuirse á incendios subterráneos, la combustion de las capas de lignito, cubiertas de basalto y de toba, que se encuentran tan frecuentemente en las islas volcánicas, en Borbon, en el pais de los Kergueles, en Islandia? El nombre del *Surtarbrand*, situado en Islandia, está sacado de los mitos escandinavos y tomado del gigante de fuego *Surtr*, que debe inflamar el mundo. Pero los incendios subterráneos no producen ordinariamente llamas. —Como en los últimos tiempos se han confundido frecuentemente en los mapas los nombres de las islas de *Amsterdam* y de *San Pablo*, debemos

Digitized by Google

notar aquí, á fin de que no se atribuya á una de estas dos islas, situadas bajo el mismo meridiano, pero de configuracion tan diferente lo que corresponde á la otra, que la mas meridional se llamó originariamente, es decir, desde fines del siglo XVII, *San Pablo*, y la mas setentrional, *Amsterdam*. Vlaming, que las descubrió, asignó á la primera 38° 40' de lat. austral, y á la segunda 37° 48'. Es notable que tales nombres y determinaciones de lugar convengan perfectamente con las cifras halladas un siglo mas tarde por Entrecasteaux, en la espedicion que emprendió en busca de La Perouse (*Viaje*, t. I, p. 43-45), á saber: segun Beautemps-Beaupré, para *Amsterdam*, 37° 47' 46" (long. 75° 51') y 38° 38' para *San Pablo*. Tan gran concordancia debe ser fortuita, pues que los puntos de observacion no han sido ciertamente los mismos. Por su parte, el capitan Blackwood en su mapa del Almirantazgo de 1842, coloca la isla de *San Pablo* á los 38° 44' (long. 75° 17'). En los mapas adjuntos á la edicion original del inmortal navegante Cook, en los de la primera y segunda espedicion (*Voyage to the South Pole and round tho World*, Londres, 1777, p. 1), asi como en el del tercero y último viaje (*Voyage to the Pacific Ocean, published by the Admiralty*, Londres, 1784; véase tambien la 2.ª edicion de 1785), y aun en el mapa general de las tres espediciones (*a general Chart, exhibiting the discoveries of capt. Cook in this third and two preceding voyages*, by lieut. Henry Roberts), la isla de *San Pablo* está exactamente indicada como la mas meridional; pero en el testo de su Viaje, Entrecasteaux (t. I, p. 44), hace notar un error cometido en el mapa especial de la última espedicion de Cook, en que la isla de *Amsterdam* se halla mas al S. que la de *San Pablo*. Despues de numerosas investigaciones sobre las ediciones existentes en las Bibliotecas de Paris, de Berlin y de Gœttingue, dudo que el reproche sea fundado. Si, contrariamente á lo que piensa Vlaming, los nombres están frecuentemente invertidos en el primer tercio del siglo XIX, por ejemplo en los mapa-mundi, recomendables por otra parte, que publicaron Arrowsmith y Purdy (1833), es necesario tener en cuenta no tanto el mapa especial del tercer viaje de Cook, como la manera caprichosa con que Cox y Mortimer trazaron los suyos; la circunstancia de que en el Atlas del viaje de Macartney en China, la isla volcánica representada como humeante se llama *San Pablo* (lat. 38° 42'), aunque con esta desgraciada adicion « commonly called Amsterdam »; en fin, y esto es peor aun, que en la descripcion del viaje. Staunton y el doctor Gillan designan siempre dicha isla (island still in a state of inflamation) con el nombre de *Amsterdam*, y que aun añaden (p. 226), despues de haber dado la verdadera latitud (p. 219): «that St. Paul is lying to the northward of Amsterdam». Barrow ha presentado tambien la misma confusion (*Voyage to Cochinchina in the years* 1792 *and* 1793, p. 140-157); llamando igualmente *Amsterdam* á la mas meridional de las dos islas, de donde se elevan llamas y humo, y á la cual da asi mismo la

Digitized by Google

latitud de 38° 42′. Malte-Brun, (*Geografia universal*, t. V, 1817, p. 146), acusa con razon á Barrow, pero muy injustamente á Rossel y Beautemps-Beaupré. Estos dos últimos, que no han dado mas que la vista de la isla de *Amsterdam*, la colocan á los 37° 47′, mientras que asignan á la isla de *San Pablo* 38° 38′ de latitud (*Viaje de Entrecasteaux*, 1808, t. I, p. 40-46); para probar que el grabado representa bien las islas de *Amsterdam* de Vlaming, Beautemps-Beaupré añade á su atlas el dibujo de otra isla de Amsterdam descubierta por Valentyn y poblada de bosques. El célebre navegante Tasman (1642) ha llamado tambien Amsterdam á la isla Tongatabu, situada al lado de Middelburg, en el grupo de Tonga, á los 21° 30′ de latitud (véase Burney, *Chronological history of the Voyages and Discoveries in the South-Sea or Pacific Ocean*, 3.ª parte, p. 81 y 437). Por esta razon se ha atribuido algunas veces erróneamente á Tasman, el descubrimiento de las islas Amsterdam y San Pablo en el Océano Indico. Véase Leidenfrost, *Histor. Handwörterbuch*, t. V, p. 310.

(37) Pág. 338.—Ross, *Voyage in the southern and antarctic Regions*, t. I, p. 46 y 50-56.

(38) Pág. 339.—*Id.*, p. 63-82.

(39) Pág. 340.—Véase el résultado de las operaciones ejecutadas por el profesor Rigaud de Oxford, segun el método de Halley de 1683, en el *Asia central*, t. I, p. 189.

(40) Pág. 341.—Urville, *Viaje de la corbeta «Astrolabe,»* 1826-1829 (*Atlas*, lám. I): 1.° la Polinesia comprende la parte oriental del mar del Sur, es decir, las islas Sandwich y Tahiti, el archipiélago Tonga, y además la Nueva-Zelandia; 2.° la Micronesia y la Melanesia forman la parte O. del mar del Sur; la primera se estiende desde Kauai, la mas occidental de las islas de Sandwich, hasta cerca del Japon y de las Filipinas, y hácia el S. toca en el ecuador, comprendiendo las islas Marianas ó de los Ladrones, las Carolinas y Pelew; 3.° la Melanesia, cuyo nombre se origina de la raza de hombres de cabellos negros y rizados que la habitan, encierra, por el lado de la Malasia que la limita al N. O, los pequeños archipiélagos de Viti ó Fidgi, de las Nuevas-Hébridas y de las islas de Salomon; mas lejos, comprende las islas mayores de la Nueva-Caledonia, Nueva-Bretaña, Nueva-Irlanda y Nueva-Guinea. Los nombres de Oceanía y de Polinesia, que tanta confusion han producido, los introdujo Malte-Brun (1813) y Lesson (1828).

(41) Pág. 341.—«The epithet *scattered*, as applied to the islands of the Ocean (in the arrangement of the groups), conveys a very incorrect idea of their positions. There is a system in their arrangement as regular as

Digitized by Google

in the mountain heights of a continent, and ranges of elevations are indicated as grand and extensive as any continent presents.» (*Geology, by J. Dana, or U. St. Exploring Expedit. under the command of Charles Wilkes*, t. X, 1849, p. 12.) Dana cuenta en todo el mar del Sur 350 islas de basalto y de traquito, y 290 islas de coral, sin comprender en ellas los simples islotes de rocas. Divide estas islas en 25 grupos, de los que 19 siguen por término medio la direccion N. 50° — 60° O., y 6 la direccion N. 20° — 30° E. Es admirable que tan gran número de islas estén situadas, con alguna escepcion, como las Sandwich y Nueva-Zelandia, entre 23° 28′ de lat. boreal y 23° 28′ de lat. austral, y que quede un espacio inmenso sin ellas al E. de los grupos Sandwich y Noukahiva, hasta las costas de Méjico y el Perú. Dana añade la observacion, que contrasta con el número insignificante de los volcanes aun en actividad, de que, si las islas de coral colocadas entre las basálticas tienen igualmente un fondo de basalto, se puede evaluar en mas de mil el número de las aberturas volcánicas, situadas encima ó debajo de la superficie del mar (aberturas submarinas y subaéreas). Véase *id.*, p. 17 y 24.

(42) Pág. 342.—*Cosmos*, t. IV, p. 223.

(43) Pág. 342.—Dana, *Geology of the U. St. Explor. Expedition*, p. 208 y 210.

(44) Pág. 343.—Dana, *id.*, p. 193 y 201. La falta de conos de cenizas en los volcanes de corrientes de lavas del Eifel es igualmente notable. Pero el hecho de que el cráter situado en la cumbre del Mauna-Loa pueda tener tambien erupciones de cenizas, está probado por las exactas noticias que el misionero Dibble ha recogido de los testigos oculares, segun las cuales, durante la guerra de Kamehameha contra los insurgentes (1789), una erupcion de cenizas seguida de un temblor de tierra dejó toda la comarca en una oscuridad profunda (véase p. 183). Sobre los hilos de vidrio volcánico, llamados *Cabellos de la diosa Pele*, que antes de ir á establecerse en Hawaii, habitaba el volcan hoy estinguido de Hale-a-Kala, ó *casa del Sol*, en la isla Maui, véase *id.*, p. 179 y 199-200.

(45) Pág. 343.—Dana, *id.*, p. 205: »The term *Solfatara* is wholly misapplied. A Solfatara is an area with steaming fissures and escaping sulphur vapours, and without proper lava ejections; while *Kilauea* is a vast crater with extensive lava ejections and no sulphur; except that of the sulphur banks, beyond what necessarily accompanies, as at Vesuvius, violent volcanic action.» La andamiada de Kilauea, que forma el suelo del gran estanque de lava, se compone, no de capas de cenizas y rocas fragmentarias, sino de lavas dispuestas en hileras horizontales

Digitized by Google

y estratificadas como el calizo. Véase Dana, *id.*, p. 193, y Strzelecki, *Phys. descript. of New-South-Wales*, 1845, p. 105 111.

(46) Pág. 344.—Este descenso notable del nivel de la lava está confirmado por la esperiencia de gran número de viajeros, desde Ellis, Stewart y Douglas hasta el sabio conde Strzelecki, la espedicion de Wilkes y el misionero Coan, atento observador. La relacion que existe entre el hinchamiento de la lava en el Kilauea y la inflamacion súbita del cráter Arara, mucho mas bajo, se ha manifestado sobre todo cuando la gran erupcion del mes de junio de 1840. La desaparicion del torrente de lava salido del Arara, su curso subterráneo y la reaparicion de un torrente bajo un volúmen mas considerable no demuestran de una manera cierta la identidad de estos torrentes, porque muchas fisuras arrojando lavas se han abierto simultáneamente á lo largo de la vertiente de la montaña, bajo el horizonte del suelo sobre que descansa el estanque de Kilauea. Es tambien muy notable, por la constitucion interior del singular volcan de Hawaii, que en junio de 1832, los dos cráteres, el de la cumbre y el de Kilauea, hayan ocasionado el uno y vertido el otro torrentes de lava, y permaneciendo así en actividad al mismo tiempo. Dana, *id.*, p. 184, 188, 193 y 196.

(47) Pág. 344.—Wilkes, p. 114, 140 y 157; Dana, p. 221. Se escribe frecuentemente Mauna-Roa por Mauna-Loa y Kirauea por Kilauea, á causa de la confusion eterna de las letras *r* y *l*.

(48) Pág. 345.—Dana, *id.*, p. 25 y 138.

(49) Pág. 345.—Dana, *id.*, p. 138. Véase tambien Darwin, *Structure of Coral Reefs*, p. 60.

(50) Pág. 347.—Buch, *Descripcion fisica de las islas Canarias*, 1836, p. 393 y 403-405.

(51) Pág. 347.—Dana, *id.*, p. 438-446. Véase tambien, sobre los vestigios recientes de una antigua actividad volcánica en la Nueva-Holanda, p. 453 y 457, y sobre los numerosos basaltos columnarios de Nueva-Gales del Sur y de la Tierra de Van Diemen, p. 495-510, y Strzeleck: *Phys. descript. of New-South-Wales*, p. 112.

(52) Pág. 347.—Dana, *id.*, p. 453.

(53) Pág. 348.—Dieffenbach, *Travels in New Zealand*, 1843, t. I, p. 337, 355 y 401. Dieffenbach llama *White Island*: «a *smoking* solfatara, but still in volcanic activity» (p. 358 y 407); se leen en el mapa estas palabras: «in continual ignition.»

Digitized by Google

(54) Pág. 348.—Dana, *id.*, 445-448; Dieffenbach, t. I, p. 331, 339-341 y 397. Sobre Mount Egmont, véase *id.*, t. I, p. 131-157.

(55) Pág. 349.—Darwin, *Volcanic Islands*, p. 125; Dana, *id.*, p. 140.

(56) Pág. 349.—Buch, *Descripcion de las islas Canarias*, p. 365. En estas tres islas se hallan, al lado de capas plutónicas y sedimentarias, fonolito y rocas basálticas; pero estas rocas pueden haber aparecido en la época en que por primera vez las islas surgieron del fondo del mar á la superficie. Parece que no hay ningun vestigio de erupciones ígneas de los tiempos históricos, ni tampoco cráteres estinguidos.

(57) Pág. 350.—Dana, *id.*, p. 343-350.

(58) Pág. 350.—Buch, *Islas Canarias*, p. 383; Darwin, *Volcanic Islands*, p. 25, y *Coral Reefs*, p. 138; Dana, *Geology*, etc., p. 286-305 y 364.

(59) Pág. 351.—Dana, *id.*, p. 137.

(60) Pág. 352.—Darwin, *Volcanic Islands*, p. 104, 110-112 y 114. Si Darwin dice tan positivamente que el traquito falta por completo en las islas de los Galápagos, esto proviene de que limita la denominacion de traquito al feldespato comun propiamente dicho, es decir, al ortoclase ó bien al ortoclase y al sanidino (feldespato vítreo). Los fragmentos tan enigmáticamente embutidos en la lava del pequeño cráter, enteramente basáltico, de James Island, no contienen cuarzo, aunque parezca que descansan sobre una roca plutónica. V. *Cosmos*, t. IV, p. 273. Muchos conos volcánicos que pertenecen á las islas Galápagos tienen en su orificio un parapeto estrecho y cilíndrico en forma de anillo, como tambien he visto en el Cotopaxi. «In some parts the ridge is surmounted by a wall or parapet perpendicular on both sides.» (Darwin, *Volcanic Islands*, p. 83.)

(61) Pág. 353.—L. Buch, *Islas Canarias*, p. 376.

(62) Pág. 353.—Bunsen, en Leonhard's *Jahrbuch für Mineralogie*, 1851, p. 856, y en Poggendorff's *Annalen der Physik*, t. LXXXIII, p. 224.

(63) Pág. 354.—*Cosmos*, t. IV, p. 241.

(64) Pág, 354.—Véase Pieschel, *uber die Vulcane von Mexico*, en la *Zeitschrift für allgem. Erdkunde*, t. VI, 1856, p. 86 y 489-532. La declaracion de «que jamás mortal alguno ha llegado á la cumbre árida del *Pico del Fraile*,» punto el mas elevado del volcan de Toluca (p. 86), está contradicha por las medidas barométricas que he tomado en dicha cima de 10

Digitized by Google

piés apenas de ancho, y que tengo publicadas desde el año de 1807. Tambien la ha combatido últimamente en el mismo tomo de la propia Coleccion (p. 489), el doctor Gumprecht. Semejante duda era tanto mas estraña cuanto que precisamente del *Pico del Fraile*, que está cortado en forma de Torre y es en efecto muy difícil de subir, he separado, á una altura inferior en 600 piés apenas á la cumbre del Mont-Blanc, masas de traquito horadadas por el rayo y vitrificadas en el interior como fulguritas. Gilbert publicó en 1819, en el t. LXI de sus *Annalen der Physik* (p. 261, véase tambien *Anales de Química y Física*, t. XIX, 1822, p. 298), un trabajo sobre las muestras que he depositado en muchas colecciones de Paris y de Berlin. En los parajes en que el rayo ha perforado tubos cilíndricos de 3 pulgadas de largos, de tal manera que se pueden distinguir las dos aberturas, la roca que rodea estas se halla igualmente vitrificada. He traido tambien trozos de traquito, cuya superficie se veia enteramente vitrificada, como en el pequeño Ararat ó en Mont-Blanc aunque no hubiese allí tubos horadados. Pieschel subio al Colima que presenta una doble cumbre, en octubre de 1852, llegando hasta el cráter, desde donde no he visto elevarse mas que nubes de vapores calientes hidrosulfúricos. Pero Sonneschmid, que, en febrero de 1796, intentó vanamente la ascension de este volcan, ha señalado una potente erupcion en 1770. En el mes de marzo de 1795 se escaparon escorias ígneas como una columna de fuego.—«Al N. O. del Colima, dice Pieschel (*id.*, p. 529), una quiebra volcánica se estiende á lo largo del mar del Sur. Vénse cráteres estinguidos y corrientes de lavas antiguas en lo que se llaman volcanes de Ahuacatlan, en el camino de Guadalajara á San Blas, y en los de Tépie.

(65) Pág. 354.—*Cosmos*, t. IV. p. 318.

(66) Pág. 356.—El nombre de Gran Océano, que propuso mi amigo el sábio géografo, contraalmirante de Fleurieu, autor de la *Introduccion histórica al viaje de Marchand*, para designar el mar del Sur, tiene el inconveniente de confundir el todo con la parte.

(67) Pág. 357.—Sobre el eje de las mayores alturas y de los volcanes en la zona trópical de Méjico, véase *Cosmos*, t. IV, p. 241; y tambien, *Ensayo polit. sobre la Nueva-España*, t. I. p. 257-268; t. II, p. 173, y *Cuadros de la Naturaleza*, t. I, p. 327-336.

(68) Pág. 358.—Bajo el mando de Juan de Oñate en 1594 (véase *Memoir of á Tour to Northern México in* 1846 *and*. 1847, by Dr Wislizenus). Respecto de la influencia producirá la configuracion del suelo y la inmensa estension de la meseta mejicana en el comercio interior y las comunicaciones de la zona tropical con el N., cuando el órden civil, la

Digitized by Google

libertad legal y la industria florezca en esta comarca, véase mi *Ensayo político sobre la Nueva España*, t. IV, p. 38, y Dana, *Geology*, etc, p. 612.

(69) Pág. 358.—Esta nota de las alturas entre Méjico y Santa Fé del Nuevo Méjico, como la menos completa, que he dado en mis *Cuadros de la Naturaleza*, t. 1.°, p. 334 de la traduccion francesa, fue comparada con las medidas del doctor Wislizenus, autor de la obra muy instructiva titulada: *Memoir of a Tour to Northern, Mexico, connected with Col. Doniphan's Expedition in* 1846 *and* 1847, Washington, 1848; con las del consejero superior de Minas Burkart, y con las mias propias. Cuando desde marzo de 1803 á febrero de 1804, me ocupaba, en la zona tropical de Nueva España, de determinaciones de lugares astronómicos, y cuando intentaba trazar, segun todos los materiales que pude examinar, un mapa general de Nueva España, del que mi venerable amigo Jefferson, entonces presidente de los Estados-Unidos, hizo sacar una copia que ha dado lugar mas tarde á muchos abusos, no se habia fijado aun ninguna latitud en el camino de Santa Fé, al N. de Durango (lat. 24° 25'). Segun los dos diarios manuscritos de los ingenieros Rivera, Lafora y Mascaré (1724 y 1765), que contenian direcciones de brújula y preciosas evaluaciones de distancias parciales, y que hallé en los archivos de Méjico, un cálculo atento da, para la importante estacion de Santa Fé: lat. 36° 12' long. 108° 13' (véase mi *Atlas geográfico y físico de Méjico*, tab. 6, y *Ensayo político*, t. 1.°, p. 75 y 82). Haciendo conocer este resultado en el análisis de mi mapa, he tenido cuidado de presentarle como muy incierto, porque para las estimaciones de distancias como para las direcciones de brújula, cuando la declinacion magnética no se corrije, no se compensan todos los errores, sobre todo en una llanura de mas de 300 millas geográficas, sin árboles y deshabitada, y en la que nada puede servir de punto de partida (*id.*, t. 1.°, p. 127-131). Por efecto de la casualidad, comparando el resultado que acabamos de indicar con las últimas observaciones astronómicas, reconócese que el error es mucho mayor en cuanto á la latitud que en cuanto á la longitud; apareciendo en el primer caso de 31' de arco y en el segundo de 23'. He acertado tambien á determinar aproximadamente, por combinaciones, la situacion geográfica del lago Timpanogos, que se ha tomado la costumbre de llamar *Great Salt Lake*, reservando el nombre de Timpanogos para el rio que desemboca en el pequeño lago de agua dulce denominado Yutah. En la lengua de los indios Yutah, que habitan cerca del lago, rio se dice *og-wakbe*, ó por abreviacion *ogo*; *timpan* significa *roca*; *Timpan-ogo*, por consiguiente, *rio de rocas* (véase Frémont, *Explor. Expedit.*, 1845, p. 273). Buschmann, que considera la palabra *timpa* como derivado de la mejicana *tetl*, *piedra*, ha descubierto que *pa* es una desinencia sustantiva propia de

Digitized by Google

las lenguas de Méjico setentrional; y á *ogo* la acepcion general de *agua*. Véase su obra titulada: *die Spuren der aztekischen Sprache im nördlichen México*, p. 351 y 354-356. La *Great Salt Lake City* de los mormones está situada á los 40° 46′ de lat., y 114° 26′ de long. Véase *Expedition to the Valley of the Great Salt Lake of Utah*, by capt. Howard Stansbury, 1852, p. 300; y. Humboldt, *Cuadros de la Naturaleza*, t. 1.°, p. 331. Mi mapa indica montañas de sal gema algo al E. de la laguna de Timpanogos, á los 40° 7′ de lat., y 114° 9′ de long. Así, pues, mi primera suposicion se aparta de la verdad 39′ en lat., y 17′ en long. Las determinaciones mas recientes de Santa Fé que han llegado á mi conocimiento son: 1.° segun gran número de alturas de estrellas calculadas por el teniente Emory (1846), 35° 44′ 6″; 2.° segun Gregg y el doctor Wislizenus (1848), quizá en una localidad diferente, 35° 41′ 6″. La longitud es, segun Emory, 7h 4m 18s tiempo de Greenwich, lo que asciende á 108° 50′ de arco, contados del meridiano de París; segun Wislizenus, es de 108° 22′ (véase *New-México and California by Emory*, Docum. núm. 41, p. 36, Wislizenus, p. 29). En la mayor parte de los mapas se observa la falta de asignar á los lugares de los alrededores de Santa Fé una lat. demasiado setentrional. La altura de Santa Fé sobre el nivel del mar es, segun Emory, de 6,422 p.; segun Wislizenus de 6,661 (media 6,516 p.) Iguala por consiguiente á la de los pasos del Splügen y Saint Gotthard, en los Alpes suizos.

(70) Pag. 358.—La latitud de Alburquerque está tomada del magnífico mapa titulado: *Map of the territory of New-Mexico by Kern*, 1854. La altura es de 4,457 pies segun Emory (p. 166); de 4,559 pies segun Wislizenus (p. 122).

(71) Pág. 358.—Para la latitud del *Paso del Norte*, véase Wislizenus, p. 125; tablas, 8-12, agosto de 1846.

(72) Pág. 360.—Frémont, *Report of the Exploring Expedit. in* 1841, p. 60; Dana, *Geology of the U. St. Expl. Exped.*, p. 611-613; y para la América del Sud: Orbigny, *Viage á la América meridional*, Atlas, lám. VIII de Geologia especial, fig. 1.

(73) Pág. 360.—Sobre esta bifurcacion y sobre las denominaciones legítimas de cordilleras oriental y occidental, véase el gran mapa especial del *Territory of New Mexico*, de Parke y Kern, 1851; Johnson, *Map of Railroads*, 1854; Bartlett's *Map of the Boundary Commission*, 1854; *Explorations and Surveys from the Mississipi to the Pacific in* 1853 *and* 1854; t. I, p. 15; y ante todo, el trabajo completo y escelente de Marcou, agregado como geólogo á la espedicion mandada por el teniente Whipple:

Digitized by Google

Resúmen esplicativo de un mapa geológico de los Estados-Unidos y de un Perfil geológico del valle del Mississipi en las costas del Océano Pacífico, p. 113-116 (véase tambien el *Boletin de la Sociedad geológica de Francia*, 2.ª série, t, XII, p. 813). En el valle longitudinal, que se estiende desde 35° hasta 38° 30' de lat. bor., los grupos que componen la cordillera occidental de la Sierra Madre y la cordillera oriental de las Rocky Mountains (Sierra de Sandia) tienen cada cual su nombre particular. A la primera cordillera pertenecen, de S. á N.: la *Sierra de las Grullas*, la *Sierra de los Mimbres* (Wislizenus, p. 22 y 54), el monte Taylor (lat. 35° 15'), la *Sierra de Jemez* y la *Sierra de San Juan*; en la cordillera oriental se distinguen: los *Moro Pics*, la *Sierra de la Sangre de Cristo*, con los *Spanish Peaks* situados mas al E. (lat. 37° 32'), las *White Mountains* que se inclinan al N. O., y rodean el valle longitudinal de Taos y Santa-Fé. El profesor Frœbel, cuyas investigaciones sobre los volcanes de la América central son de tanto interés, ha hecho resaltar con mucha sagacidad lo que hay de vago en la denominacion geográfica de *Sierra Madre*, frecuentemente indicada en los antiguos mapas. Pero en la Memoria titulada: *Remarks contributing to the physical Geography of the North American Continent* (9th annual Report of the Smithsonian Institution, 1855, p. 272-281), ha sostenido tambien, lo que no puede admitirse en ningun modo, despues de la comparacion de tantos materiales de que disponemos hoy, á saber: que las *Rocky Mountains* no deben considerarse en manera alguna como continuacion de la meseta mejicana en la zona tropical de Anahuac. No existen, en efecto, entre 19 y 44 grados de lat. boreal, desde el Popocatepetl, en la region de Anahuac, hasta el N. del pico Frémont, en las *Rocky Mountains*, cordilleras no interrumpidas, como las hay en los Apeninos, el Jura, la Suiza, los Pirineos y una gran parte de los Alpes; pero el inmenso hinchamento del suelo que aumenta siempre en estension, en la direccion del N. y del N. O., vá sin interrupcion desde la zona tropical de Méjico al Oregon; y sobre esta meseta, que es el fenómeno geognóstico principal, se elevan, á lo largo de fallas formadas mas tarde, en épocas y frecuentemente en direcciones diferentes, grupos de montañas aisladas. En las *Rocky Mountains*, estos grupos se aproximan y se aprietan, de manera que constituyen casi una inmensa muralla, en una estension de 8° de latitud. Montañas cónicas, por lo general de traquito, y de 10,000 á 12,000 pies de altura, se presentan de lejos al viajero causándole una impresion tanto mas profunda, cuanto la meseta de que se destacan parece una llanura de tierras bajas. No debe olvidarse tampoco que si, desde el tiempo de La Condamine, las Cordilleras de la América meridional, de la que he esplorado una gran parte, se indican como divididas en dos y tres hileras, lo cual está por otra parte conforme con la espresion española de *las Cordilleras de los Andes*, aquí, las largas cimas ó hileras de cúpulas que forman grupos de montañas dis-

Digitized by Google

tintos no son de ningun modo paralelas entre sí, como tampoco á la direccion general de la meseta.

(74) Pág. 361.—Frémont, *Explor. Expedit.*, p. 281-288. Lat. del *Pike's Peak*, 38° 50′ (véase el dibujo de esta montaña, p. 114); lat. del *Long's Peak*, 40° 15′; véase tambien la ascension del *Fremont's Peak* (altura 13,570 feet), p. 70. Las *Wind River Mountains* deben su nombre á las fuentes de un afluente del *Big Horn River*, cuyas aguas van á parar al *Yellow Stone*, que desemboca en el Missuri superior (lat. 47° 58′; long. 105° 27′). Consúltense las vistas de estas montañas, ricas en esquisto micaceo y en granito, *id.*, p. 66 y 70. He adoptado las denominaciones inglesas de los geógrafos de la América setentrional, porque las traducciones han ocasionado confusiones frecuentes. Para poder comparar con las *Rocky Mountains*, bajo la relacion de la direccion y de la longitud, la cordillera meridiana del Ural, que, segun las penosas investigaciones de mi amigo y compañero el coronel Hoffman, se inclina hácia el E., á la estremidad N. E., y que de la montaña de Airuck-Tagh (48° 45′) hasta la de Sablja (65°) tiene una estension de 225 millas geográficas, recordaria aquí que esta última cordillera pasa entre los paralelos del *Pike's Peak* y del *Lewis and Clarke's Pass*, de 107° 30′ á 114° 30′ de long. Hoffmann, *der nördliche Ural and das Küstengebirge Pac-Choi*, 1856, p. 191 y 297-305, y Humboldt, *Asia central*, t. I, p. 107.

(75) Pág. 361.—*Explorations for a Railroad from the Mississipi river to the Pacific Ocean, made in* 1853-1854, t. I, p. 107.

(76) Pág. 361.—*Cosmos*, t. IV. p. 251.

(77) Pág. 362.—*Report of the Exploring Expedition to the Rocky Mountains in* 1842, *and to Oregon and North California in* 1843-1844, p. 164, 184-187 y 193.

(78) Pág. 362.—Segun la carta derrotera de 1855, adjunta á la Relacion general del Secretario de Estado Jefferson Davis, el *Raton Pass* tiene tambien una altura de 6,737 p. sobre el nivel del mar. Véase asimismo Marcou, *Resúmen esplicativo de un mapa geológico*, 1855, p. 113.

(79) Pág. 363.—Es necesario distinguir, en la direccion de E. á O., la espalda de la montaña de Zuñi, donde el *Paso de Zuñi*, se eleva á 7.454 pies; *Zuñi viejo*, es decir el antiguo *Pueblo*, cuyas ruinas han sido dibujadas por Molhausen cuando la espedicion de Whipple, y el *Pueblo de Zuñi* actualmente habitado. A diez millas geográficas al N, de esta última aldea, cerca del fuerte Desconfianza, se halla un pequeñísimo territorio volcánico aislado. Entre la aldea de Zuñi y la pendiente de la montaña

Digitized by Google

que desciende hacia el Rio Colorado Chiquito (little Colorado), está á descubierto el bosque petrificado que Molhausen copió y ha descrito tan bien en un trabajo enviado á la sociedad geográfica de Berlin. Segun Marcou (*Resúmen esplicativo de un mapa geológico*, p. 59). se han encontrado coníferos recubiertos de una capa silícea, mezclados á los helechos arborescentes fósiles.

(80) Pág. 363.—Toda esta descripcion está hecha segun los perfiles de Marcou y la carta derrotera de 1855, citada mas arriba.

(81) Pág. 364.—Las denominaciones francesas, introducidas por los cazadores canadinos, se emplean generalmente en el pais y en los mapas ingleses. Las posiciones topográficas de los volcanes estinguidos son, segun las últimas determinaciones, como siguen: *Fremont's Peak*, lat. 43° 5', long., 112° 30'; *Tres Picos*, lat. 43° 38', long., 113° 10'; *Three Buttes*, lat. 43° 20', long., 115° 2'; *Fort Hall.*, lat 43° 0', long. 114° 45'.

(82) Pág. 364.—Véase el trabajo del teniente Mullan sobre la fórma cion volcánica, *Reports of Explor. and Surveys*, t. I, 1855, p. 330 y 338; se pueden consultar tambien las Relaciones de Lambert y de Tinkham sobre los *Three Buttes*, *id.*, p. 167 y 225-237, y Marcou, *Resumen esplic.* etc., p. 115.

(83) Pág. 364.—Dana, *Geology*, etc : *Blue Mountains*, p. 616-621 ; *Sacramento Butt*, p. 649-651, *Shasty Mountains*, p. 630-643, *Cascada Range*, p. 614. Sobre el *Monte Diablo Range*, que se ha hecho paso á traves de una roca volcánica, véase tambien Trask, *on the Geology of the Coast Mountains and the Sierra Nevada*, 1854, p. 13-18.

(84) Pág. 365.—Venegas, *Noticia de la California*, 1757, t. 1, p. 27, y Duflot de Mofras, *Esploracion del Orégon y de la California*, 1844, t. I, p. 218 y 239.

(85) Pág. 365.—El grupo de los volcanes mejicanos * comprende el Orizaba, el Popocateptl, * el Toluca, el Jorullo, el Colima * y el Tutxla *.

(86) Pág. 365.—Dana (*Geology*, p. 615 y 640) evaluaba la altura del volcan de Santa Elena en 15,000 pies, y la de *Mount Hood* en menos; segun otros, el *Mount Hood* mide 18,316 pies ingleses; por consiguiente, bastante mas que la cumbre del Mont-Blanc, y mas tambien que *Fremont's Peak*, en las *Rocky Mountains*. El Monte Hood sería, segun esto, 536 pies mas bajo que el Cotopaxi (Landgrebe, *Naturgeschichte der Vulcane*, t. I. p. 497); pero segun Dana, el Monte Hood no escede á la cumbre mas elevada de las *Rocky Mountains* sino 2,300 pies á lo mas. Creo siempre bueno señalar estas *Variantes lectiones*.

(87) Pág. 366.—Dana, *Geology*, etc., p. 640 y 643-645.

Digitized by Google

(88) Pág. 366.—Variantes anteriores: 9.550 pies segun Wilkes; 12,700 segun Simpson.

(89) Pág. 367.—*Cosmos* t. IV p. 236.

(90) Pág. 367.—Karsten, *Archiv für Mineralogie*, t. I, 1829, p. 243.

(91). Pág. 367.—Humboldt, *Ensayo político sobre la Nueva España*, t. I. p. 266; t. II. p. 310.

(92) Pág. 367.—Segun un manuscrito que se me ha permitido compulsar en los archivos de Méjico, en 1803, toda la costa de Nutka, hasta el sitio llamado mas tarde *Cook's Inlet*, fue visitado cuando la espedicion de Juan Perez y Estevan José Martinez, en 1774 (*Ensayo Político*, etc., pág. 296-298).

(93) Pág. 368.—V. M'Clure, *Discovery of the N. W. Passage*, p. 99; *Papers relative tothe Arctic Expedition*, 1854, p. 34; Mierts ching's *Reise Tagebuch*, Gnadau, 1355, p. 46.

(94) Pág. 371.—En las Antillas, la actividad volcánica se limita á las Pequeñas Antillas; tres ó cuatro volcanes aun activos han surjido de una falla dirigida de S. á N. y algo redondeada en forma de arco, casi paralela á las volcánicas de la América central. Ya, al esponer las reflexiones que suscita la simultaneidad de los temblores de tierra en los valles del Ohio, del Mississipí y del Arkansas, en los de la cuenca del Orinoco y de la costa de Venezuela, he descrito, bajo el punto de vista geognóstico, el pequeño mar de las Antillas, como formando en otro tiempo una sola dársena con el golfo de Méjico y la gran llanura de la Luisiana entre los Alleghanis y las Rocky Mountains (*Relacion histórica*, etc., t. II, p. 5 y 19). Dicha cuenca está cortada en el centro, entre 18 y 22 grados de lat. por una hilera de montañas plutónicas, que se estiende desde el Cabo Catoche, en la península del Yucatan, hasta Tórtola y Virgen Gorda. Cuba, Haiti y Puerto Rico forman una hilera que corre de O. á E. paralelamente á la cordillera de granito y de gneis de Caracas; las Pequeñas-Antillas, en su mayor parte volcánicas, sirven para reunir la cordillera plutónica de las grandes Antillas con la del litoral de Venezuela, y cierran al E. la parte meridional de la cuenca. Los volcanes aun activos, están situados desde 13° hasta 16 $^{1}/_{2}$°, y se suceden de S. á N. en el órden siguiente:

El volcan de la isla de San Vicente, al cual se atribuye una altura ya de 3,000 pies, ya de 4,740. Estaba apagado desde 1718, cuando tuvo una inmensa erupcion de lava el 27 de abril de 1812. Los primeros quebrantamientos empezaron cerca del cráter desde mayo de 1811, tres meses despues que la isla Sabrina saliera del fondo del mar, en medio de las Azores. Las primeras sacudidas se hicieron sentir débilmente en el mes

Digitized by Google

de diciembre del mismo año, en el valle montañoso de Caracas, á 3,280 pies sobre el nivel del mar. La destruccion completa de esta gran ciudad tuvo lugar el 26 de marzo de 1812. Asi como se atribuye con razon el temblor de tierra que destruyó á Cumana el 14 de diciembre de 1796, á la erupcion del volcan de Guadalupe (fin de setiembre de 1796), la destruccion de Caracas parece producida por la reaccion de un volcan situado tambien en las Antillas, pero mas al S. del volcan de la isla de San Vicente. El 30 de abril de 1812, se oyó en los vastos llanos de Calabozo y en las márgenes del rio Apure, 48 millas geográficas antes de su union con el Orinoco, un ruido subterráneo terrible y semejante á descargas de artillería. (Humboldt, *Relacion histórica*, etc., t. II, p. 14). El volcan de San Vicente no habia arrojado lava desde 1718; el 30 de abril, un torrente allí salia del cráter situado en la cumbre de la montaña, y llegó en cuatro horas á las orillas del mar. Una cosa muy estraña se me ha afirmado por hombres muy inteligentes que hacian el cabotaje, y es que el ruido fue mucho mas fuerte en plena mar que cerca de la isla.

El volcan de la isla Santa Lucía, habitualmente designado como una simple *solfatara*, no tiene mas que 1,200 á 1,800 pies de altura. En el cráter se hallan muchos pequeños estanques, llenos periódicamente de agua hirviendo. Una erupcion de escorias y de cenizas se observó, dicese, en 1766; hecho que seria fenómeno raro en una solfatara. Si, en efecto, no se puede poner en cuestion, segun las profundas investigaciones de Forbes y de Poulett Scrope, la erupcion de la solfatara de Pozzuoli en 1198, quizás deba considerarse este acontecimiento como un efecto lateral, debido á la proximidad del volcan principal, el Vesubio (véase Forbes, en *Edimb. Journal of Science*, t. I, p. 128, y Poulett Scrope, en las *Transactions of the Geolog. Society*, 2.ª série, t. II, p. 346). Lanzarote, Haaiitew, las islas de Sonda, nos presentan ejemplos análogos de erupciones muy alejadas de los cráteres de la cumbre, que son el verdadero asiento de la actividad. Es cierto que, cuando las grandes erupciones del Vesubio en los años de 1794, 1822, 1850 y 1855, la solfatara de Pozzuoli no dió señal de vida. (Schmidt, *über die Eruption des Vesuvs im Mai*, 1855, p. 156). Mucho tiempo antes de la erupcion del Vesubio, Strabon (l. V, p. 245), habla vagamente de fuego cerca de Eyme y de Phlegra, en el campo de Dicæarquia, llamada Puteoli, desde el tiempo de Annibal, por los romanos que la colonizaron. Pero añade: «Algunos creen que toda la comarca, hasta Baja y Cyme se denominó así, porque está llena de azufre, de fuego y de aguas calientes; algunos piensan aun que Cymæa (Cumanus ager) se designó con el nombre de Phlegra por la misma razon » En el mismo sitio, Strabon menciona tambien corrientes de fuego y agua, « προχοάς τοῦ πυρὸς καὶ τοῦ ὕδατος.»

La actividad volcánica que han podido presentar en la Martinica, en los tiempos modernos, la montaña Pelée, de 4,416 pies de altura, segun

Digitized by Google

Dupuget, el Vauclin y Carbet, es aun mas dudosa. La gran erupcíon de vapores del 22 de enero de 1792, descrita por Chisholm, y la lluvia de cenizas de 5 de agosto de 1851, merecen ser examinadas de mas cerca.

La Mina de azufre de la Guadalupe, á la que Amic y Le Boucher atribuian una altura de 5,100 y 4,794 piés, pero que, segun las medidas recientes y exactas de Sainte-Claire Deville, no tiene mas que 4,567 piés, se reveló el 28 de setiembre de 1797 (78 dias antes del gran temblor de tierra que destruyó á Cumana), como un volcan que arrojaba piedra pomez. (*Memoria presentada al general Victor Hugues por Amic y Hapel sobre el volcan de la Tierra-Baja*, en la noche del 7 al 8 de Vendimiario año VI, p. 46; véase tambien Humboldt, *Relacion histórica*, etc., t. I, p. 316). La parte inferior de la montaña es una roca dioritica; el cono volcánico abierto en la cumbre está compuesto de traquito que contiene labrador Esta montaña que se llama *mina de azufre*, á causa de su estado habitual, parece no haber dejado escapar jamás corrientes de lava, ni del cráter colocado en la cumbre, ni de aberturas laterales; pero las cenizas provinientes de las erupciones de setiembre de 1797, diciembre de 1836 y febrero de 1837, que se han examinado con el cuidado que ponia en todos sus esperimentos el escelente cuarto sentido Dufrenoy, se han reconocido por fragmentos de lava pulverizados, en los cuales se ha comprobado la presencia de pirogeno y de minerales feldspaticos (labrador, riacolito y sanidina). Véanse Lherminier, Daver, Beaumont y Dufrënoy, en las *Mem. de la Academia de Ciencias*, t. IV, 1837, p. 294, 651, y 743-749. Deville ha reconocido tambien, en el traquito de la mina de azufre, pequeños fragmentos de cuarzo, con cristales de labrador (*Id.* t. XXXII, p. 675), como Rose halló dodecaedros exágonos de cuarzo en los traquitos de los volcanes de Arequipa (Meyen, *Reise um die Erde*, t. II, p. 23).

El fenómeno que acabamos de describir, la eyeccion temporal de formaciones muy diversas á través de las quiebras de una mina de azufre, recuerda de una manera sensible que los nombres de solfatara ó mina de azufre no designan, propiamente hablando, mas que ciertos *estados* de la actividad volcánica. Volcanes que en otro tiempo lanzaron lavas ó, en su defecto, escorias disgregadas de considerable volúmen, ó reducidas á polvo, llegan, cuando disminuye su actividad volcánica, á un período en que no producen mas que azufre sublimado, ácido sulfúrico y vapor de agua. Si en este estado se les llama semi-volcanes, acredítase fácilmente la opinion de que forman una clase de volcanes aparte. Bunsen, que con Boussingault, Senarmont, Deville y Daubrée, ha contribuido tanto á los progresos de la ciencia, por medio de la aplicacion ingeniosa de la Química á la Geología y principalmente á los fenómenos volcánicos, demuestra como, cuando, en las volatilizaciones de azufre

Digitized by Google

que acompañan á casi todas las erupciones volcánicas, las masas de azufre se encuentran bajo la forma de vapor con las rocas pirogénicas inflamadas, el ácido sulfuroso nace de la descomposicion parcial del óxido de hierro contenido en estas rocas. Si mas tarde la actividad volcánica desciende á temperaturas poco elevadas, la actividad química de esta zona entra en una nueva fase. Las combinaciones del azufre con el hierro y quizá con las bases metálicas de las tierras y de los álcalis empiezan á reaccionar sobre el vapor de agua, y el resultado de estas acciones recíprocas es la formacion de hidrógeno sulfurado y productos que engendra al descomponerse, es decir, hidrógeno libre y vapor de azufre. Las solfataras subsisten por espacio de algunos siglos despues de las grandes erupciones volcánicas. Las que despiden ácido muriático ó hidroclórico pertenecen á un período mas reciente. Apenas si pueden tomar el carácter de fenómenos permanentes. La formacion del ácido hidroclórico en los gases de los cráteres, resulta de que la sal comun, que se muestra tan frecuentemente como un producto de volatilizacion en los volcanes, principalmente en el Vesubio, está, á temperaturas mas elevadas y bajo la accion del vapor de agua, descompuesto por silicatos en ácido hidroclórico y en sosa, y de que esta última sustancia se combina con los silicatos que halla formados. Las de ácido hidroclórico, que frecuentemente se manifiestan en los volcanes de Italia en las proporciones mas grandiosas, y que en este caso van acompañadas ordinariamente de grandes sublimaciones de sal comun, son de poca importancia en Islandia. Como últimos eslabones de esta cadena de fenómenos, quedan aun las emanaciones de ácido carbónico. Se ha descuidado hasta aquí casi completamente en los gases volcánicos, el hidrógeno que pueden contener. Se halla éste en la fuente de vapor de las grandes solfataras situadas en Krisuvik y en Reykjalidh en Islandia; y en estos dos puntos el hidrógeno está mezclado con hidrógeno sulfurado. Como este último y el ácido sulfuroso en contacto se descomponen mútuamente, desprendiendo azufre, no cabe que se muestren nunca al mismo tiempo; pero se encuentran amenudo muy aproximados entre sí y en el mismo campo de accion. Si era imposible desconocer el gas hidrógeno sulfuroso en las solfataras de Islandia que hemos citado mas arriba, faltaba, por el contrario, completamente en este estado de las solfaturas en que se hallaba el cráter del Hecla, poco despues de la erupcion de 1845, es decir, en la primera fase de los efectos subsiguientes de la actividad volcánica. No podia comprobarse el menor indicio de hidrógeno sulfurado ni por el olfato ni con la ayuda de reactivos, mientras que, á gran distancia, una sublimacion de azufre abundante hacia reconocer de una manera cierta al olfato la presencia del ácido sulfuroso. Es verdad que á la aproximacion de un cigarro encendido, se mostraban estas espesas nubes de humo, que segun los esperimentos de Melloni y

Digitized by Google

de Piria, revelan pequeños indicios de hidrógeno sulfurado (*Memorias de la Academia*, t. XI, 1840, p. 352, y Poggendorff's *Annalen*, suplemento, 1842, p. 511). Pero como es fácil convencerse de que el azufre solo, estando sublimado con vapores de agua, produce el mismo fenómeno, se puede dudar siempre de que alguna parte, por ligera que sea de hidrógeno sulfurado, acompáñase á las emanaciones de los cráteres del Hecla (1845) y del Vesubio (1843). Véase el escelente trabajo, tan importante bajo el punto de vista geológico, de Bunsen, sobre la formacion de las rocas volcánicas de Islandia, en los *Annalen* de Poggendorff, t. LXXXIII, 1851, p. 241, 244, 246, 248, 250, 254 y 256: esta Memoria es un complemento y una rectificacion de los trabajos publicados en 1847 en los *Annalen der Chimie und Pharmacie* de Vœlher y Liebig (t. LXII, p. 19). Gai-Lussac notaba ya, cuando en la época de la gran erupcion de lava de 1805, visitábamos los campos Phlegráneos, que las emanaciones de las solfataras de Pozzuoli no contenian hidrógeno sulfurado, y que no depositaban azufre al contacto de la atmósfera, como Breislak habia sostenido, en su *Ensayo mineralógico sobre la solfatara de Pozzuoli* (1792, p. 128-130). El penetrante Scacchi niega igualmente de una menera decisiva la presencia del hidrógeno sulfurado, porque el análisis propuesto por Piria no le parecia que probaba mas que la presencia del vapor de agua: «Son di avviso che lo solfo emane mescolato a i vapori acquci senza essere in chimica combinazione con altere sostanze» (*Memorie geologiche sulla Campania*, 1849, p. 49-121). El sério analisis de los gases emanados de la solfatara de Pozzuoli, que esperaba desde hace tanto tiempo, se ha practicado al fin recientemente por Sainte-Claire Deville y Leblane, y ha demostrado perfectamente la falta del hidrógeno sulfurado (*Memorias de la Academia de Ciencias*, t. XLIII, 1856, p. 746). Sartorius de Waltershausen (*Physisch-Geographische Skizze von Island*, 1847, p. 120) notaba por el contrario, en 1811, sobre los conos de erupcion del Etna, un fuerte olor á hidrógeno sulfurado, allí donde no se habian hallado en los años precedentes mas que vestigios de ácido sulfuroso. Deville ha reconocido una pequeña parte de hidrógeno sulfurado, no en Girgenti y en las *Macalube*, sino en la vertiente oriental del Etna, en la fuente de Santa-Venerina. Es estraño, que la importante série de análisis de Boussingault sobre los volcanes de la cordillera de los Andes de emanaciones gaseosas, desde el Puraz y el Tolima hasta las mesetas de los Pastos y de Quito, no revelen la presencia del ácido hidroclórico ni la del hidrógeno sulfurado.

(95) Pág. 372.—Los trabajos anteriores dan para los volcanes aun en actividad los números siguientes: Segun Werner, 193; segun Leonhard, 187; segun Arago, 175 (*Astronomía popular*, t. III. p. 170). Obsérvase que todos estos resultados son inferiores al mio. Las diferencias en menos,

Digitized by Google

que oscilan entre $^1/_8$ $^1/_4$,5, provienen á la vez de los diversos principios segun los cuales se clasifican los volcanes en estinguidos y activos, y de la insuficiencia de materiales. Hemos indicado antes ya, y la esperiencia histórica nos enseña, que volcanes que pasaban por estinguidos han vuelto á ser activos despues de largo tiempo, de suerte que la cifra que doy es mas bien baja que elevada. Ni Buch, en el apéndice de su magnífica Descripcion de las islas Canarias, ni Landgrebe, en su Geografia de los Volcanes, se arriesgaron á presentar un resultado general.

(96) Pág. 372.—Esta descripcion está en completa oposicion con la que ha sido reproducida frecuentemente segun Strabon, y, se halla inserta en los *Annalen* de Poggendorff (t. XXXVII, p. 190, lám. I). Un autor mas moderno, Dion Cassius, que vivia en tiempo de Septimo Severo, es el primero, no que señala, como se pretende, la existencia de varias cumbres, sino que procura demostrar que la forma de la cumbre se alteró con el tiempo. Recuerda, con este motivo, y esto confirma plenamente la narracion de Strabon, que la cumbre constituia otras veces una verdadera plataforma. Sus propias palabras (l. LXVI, c. 21, t. IV, 1824, p. 240, edicion de Sturz), son las siguientes: «El Vesubio situado á orillas del mar junto á Nápoles, ofrece abundantes fuentes de fuego. Toda la montaña era en otro tiempo de igual altura, y las llamas se escapaban del centro; solo en este punto el volcan es activo. En ninguna parte del esterior ha habido fuego hasta entonces, y como por otro lado el centro se ha desecado por el calor y convertido en cenizas, las cumbres de alrededor han conservado su antigua altura; pero toda la porcion ígnea, consumida á la larga, se ha ido ahondando progresivamente, de suerte que, si es permitido comparar las grandes cosas á las pequeñas, toda la montaña se asemeja á un anfiteatro.» (V. Sturz, t. VI, *Annot.* II, p. 568). Este pasage describe claramente las partes de la montaña que, desde el año 79 han venido á ser los bordes del cráter. La conjetura que refiere este pasage al *Atrio del Cavallo* no me parece exacta. Segun el escelente trabajo hipsométrico, publicado en 1855 por Schmidt, astrónomo muy activo y distinguido, la *Punta Nasone* de la *Somma* tiene 590 toesas; el *Atrio del Cavallo*, al pie de la Punta Nasone, 417 toesas; la *Punta* ó *Rocca del Palo*, la mas elevada del muro que guarnece al N. el cráter del Vesubio, 624 toesas. Nuestras operaciones barométricas de 1822 dieron para estos tres puntos 586 t. 403 t. y 629 t.; diferencias: 4 t., 14 t. y 6 t. Segun Schmidt (*Erupcion de los Vesubios*, mayo 1855, p. 95), el nivel del suelo del *Atrio del Cavallo* ha sufrido grandes cambios desde la erupcion del mes de febrero de 1850.

(97) Pág. 373.—Velleius Paterculus, que murió en tiempo de Tiberio, presenta con efecto al Vesubio como la montaña que Espartaco ocupó

Digitized by Google

con sus gladiadores (l. II, c. 30); pero Plutarco, en la Vida de Craso (c. 11), habla simplemente de una comarca montañosa en la que no se podia entrar sino por un estrecho paso. La sublevacion de Espartaco tuvo lugar el año 681 de la fundacion de Roma, 152 por consiguiente antes de la erupcion del Vesubio que costó la vida á Plinio (24 de agosto de 79 despues de Jesu-Cristo). Léese en Floro (l. I, c. 16): «Vesuvius mons Ætnæi ignis imitator,» y (l. III, c. 20): «Fauces cavi montis.» Pero Floro vivia en tiempo de Trajano, tenia por tanto conocimiento de esta erupcion, y sabia lo que ocuttaba el interior del volcan. Si pues la da el epíteto de *cavus*, no prejuzga con él su configuracion anterior.

(98) Pág. 373.—Diodoro de Sicilia, l. IV, c. 21, 5.

(99) Pág. 373.—Polybio, l. II, c. 17.

(100) Pag. 373.—Strabon, l. IV, p. 246.

(1) Pág. 373.—Vitruvio, l. II, c. 6.

(2) Pág. 373.—Vitruvio, escribió antes de Plinio el viejo. Asi resulta no solo de que está citado tres veces en la lista de las fuentes á que acude Plinio (l. XVI, XXXV y XXXVI), lista cuya autenticidad discute Newton traductor inglés injustamente, sino tambien de que, en un pasage del libro XXXV (c, 14, § 170-172), Plinio ha estractado uno de Vitruvio, segun demostraron Sillig (t. V, 1851, p. 272 y 277) y Brunn, en la disertacion *de Auctorum indicibus Plinianis* (Bonnæ, 1856, p. 55-60). Hirt, en su Memoria sobre el Panteon, coloca la composicion del Tratado de Vitruvio sobre la Arquitectura entre los años 14 y 16 de nuestra era.—Respecto de la conjetura de Buch, espuesta mas abajo, véase Poggendorff's *Annalen*, t. XXXVII, p. 175-180.

(3) Pág. 374.—Léese en Lippi (1816, p. 10): «Fu il fuoco o l'acqua che sotterrò Pompei ed Ercolano?» Véase tambien Scacchi, *Osservazoni critiche sulla maniera come fu sepellita l'Antica Pompei*, 1843, p. 8-10.

(4) Pág. 376.—Ross, *Voyage to the antarctic Regions*, t. I, p. 217, 220 y 364.

(5) Pág.. 376—Gay-Lussac, *Reflexiones sobre los Volcanes*, en los *Anales de Química y Física*, t. XXII, 1823, p. 427; Arago, *Obras completas*, t. III, p. 47.

(6) Pág. 377.—Segun las reducciones en Timana, el volcan de la Fragua está situado cerca de 1° 48′ lat. bor., 77° 50′ de long. Véase, en el gran Atlas de mi Viaje, el *Mapa hipsométrico de los nudos de las montañas*

Digitized by Google

en las Cordilleras, 1831, lám. V. Véase tambien lám. XXII XXIV. Esta montaña, apartada hácia el E. en una posicion aislada, mereceria ser visitada por un geognosta capaz de hacer tambien determinaciones de lugares astronómicos.

(7) Pág. 378.—*Cosmos*, t. IV, p. 251.

(8) Pág. 378.—*Cosmos*, t. IV, p. 207.

(9) Pág. 378.—Para los tres grupos que, segun la antigua nomenclatura geográfica, pertenecen á la Auvernia, al Vivarais y al Velay, he calculado las distancias, midiendo el intervalo comprendido entre la estremidad setentrional de las cordilleras y la parte del Mediterráneo que se estiende desde el golfo de Aigues-Mortes á Cette. En el primer grupo, el de Puy-de-Dôme, se cita, como punto mas setentrional, un cráter tallado en el granito, cerca de Manzat y llamado el *Gour de Tazena* (Rozet, en las *Memorias de la Sociedad geológica de Francia)*. En una posicion mas meridional aun que la del grupo del Cantal, á 18 millas geográficas todo lo mas de las orillas del mar, está situado el pequeño círculo volcánico de la Guiolle, cerca de los montes de Aubrac, al N. O. de Chirac. Véase el *Mapa geológico de Francia*, 1841.

(10) Pág. 378.—Humboldt, *Asia central*. t. II, p. 7-61, 216 y 335-364. Me he asegurado de que el célebre mapa catalan de 1374, conservado como una joya entre los manuscritos de la Biblioteca de París, contiene ya la indicacion del lago alpino Issikul, situado en la pendiente setentrional del Thian-schan, y al que han llegado viajeros rusos hace poco tiempo, por primera vez. A Strahlenberg, en la obra titulada *der nördliche und östliche Theil von Europa und Asien* (Stockholm., 1730, p. 327), cabe la gloria de haber representado antes que nadie el Thian-schan como cordillera independiente, aunque sin haber sospechado su actividad volcánica. Desígnale con el nombre muy vago de *Musart*, lo cual, unido á que el Bolor llevaba el poco característico de *Mustag*, de que *Musart* es corrupcion, ha producido durante un siglo funesta confusion en las descripciones y nomenclatura de las cordilleras meridianas y de las cordilleras paralelas, situadas al N. del Himalaya. *Mustag* es una palabra tártara que significa *cordillera nevada* (Schneekette, Snow-Chain, Sierra-Nevada). La palabra *Himalaya*, en el libro de las Leyes de Manu, espresa la *mansion de la nieve*, de *alaya* mansion é *hyma* nieve; el Sive-shan de los chinos. 1100 años antes de Strahlenberg, en tiempo de la dinastía de los Sui, contemporánea del rey Dagoberto, los Chinos poseian mapas trazados por órden del gobierno, que representaban todo el país comprendido entre el rio Amarillo y el mar Caspio, con

Digitized by Google

la indicacion del Kuen-lun y del Thian-schan. Estas dos montañas, particularmente la primera, fueron las que, cuando la espedicion de los Macedonios puso á los Griegos en relacion mas íntima con el interior del Asia, esparcieron entre los geógrafos el conocimiento de una cordillera que dividia el continente en dos partes, estendiéndose desde el Asia Menor hasta el océano Indico, desde la India y la Escitia hasta Tinæ (véase Strabon, l. I, p. 68; l. XI, p. 490, y mi *Asia central*, t. I, p. 118-129, 194-203, y t. II, p. 413-425). Dicæarco y despues Eratóstenes designaban esta cordillera como la *prolongacion del Tauro*, denominacion que comprendia la cordillera del Himalaya. «La India, dice terminantemente Strabon (l. XV, p. 689), se halla limitada al N. desde Ariana hasta el mar Oriental, por la estremidad del Tauro, cuyas diversas partes designan los indígenas con los nombres de Paropamiso, Emodo, Imano y otros. Los Macedonios llaman á esta cordillera Cáucaso.» Antes, en la descripcion de la Bactriana y de la Sogdiana, Strabon habia escrito: «La última parte del Tauro, llamada Imao, toca en el mar Oriental (probablemente el océano Indico).» La distincion de las montañas situadas á uno y otro lado del Tauro, revela la creencia de una cordillera paralela única, dirigida de E. á O. Mas tarde, en la época de Tolomeo, cuando el comercio, sobre todo el de seda hizo rápidos progresos, se dió la denominacion de Imano á la cordillera meridiana del Bolor, como lo prueban muchos pasajes del libro VI de su Geografía (*Asia central*, t. I, p. 146-162). La línea paralela al ecuador por la cual la cordillera del Tauro divide todo el continente asiático, segun opinion de los geógrafos griegos, fué denominada primeramente por Dicæarco, discípulo de Aristóteles, *diafragma*, ó muro de separacion, porque podia determinarse la latitud de otros puntos tirando perpendiculares á dicha línea. Este *diafragma* era el paralelo de Rodas, prolongado al O. hasta las columnas de Hércules, y al E. hasta las costas de Tinæ (véase Agatemeres, en la coleccion de los *Geographi græci Minores* de Hudson, t. II, p. 4). La demarcacion de Dicæarco, igualmente interesante bajo el punto de vista geognóstico y orográfico, sirvió en la obra de Aristóteles, que hace de ella mencion en el libro III de su descripcion de la Tierra, para aclarar el cuadro del mundo habitado. Se puede juzgar de la importancia que Strabon daba á esta division, por el hecho de admitir en la prolongacion de la línea que atraviesa el océano Atlántico cerca de Tinæ, la existencia de otro mundo habitado, y aun quizá de muchos mundos (l. I, p. 65). No se puede decir, sin embargo, que las palabras de Strabon sean una profecía. En lugar del océano Atlántico, podria encontrarse el mar Oriental, nombre bajo el cual designaban de ordinario los geógrafos el mar del Sur ó el océano Pacífico; pero como Strabon llama al océano Indico al Sur de Bengala mar Atlántico del Sur, háse supuesto que los dos mares solo formaban uno, al S. E. de la India, y confundiéronlos frecuentemente. Así se lee en el li-

Digitized by Google

bro II, p. 130: «La India, el mas vasto y el mas favorecido de todos los paises, se estiende hasta las orillas del mar Oriental y del mar Atlántico del Sur»; y l. XV, p. 689: «La costa meridional y la costa oriental de la India, que se estienden mucho mas que los límites occidental y setentrional, avanzan al océano Atlántico.» Strabon ha evitado en este pasaje, como en el que he citado mas arriba relativamente á Tinæ (l. I, p. 65), la espresion de mar Oriental. Ocupado contínuamente, desde 1792, de la direccion é inclinacion de las capas montañosas, y de su relacion con la orientacion de las cordilleras, he creido deber señalar la circunstancia de que, por término medio, el paralelo que sigue en toda su estension el Kuen-lun, inclusa su prolongacion occidental, Hindu-Kho, tocaba al mar Mediterráneo y al estrecho de Gibraltar (véase *Asia central*, t. I, p. 118-127, y t. II, p. 115-118), y que puede existir cierta relacion entre este levantamiento y grieteamiento de la corteza terrestre por una parte, y por otra la depresion del suelo del mar, en una vasta cuenca cuya actividad volcánica se ejerce sobre todo en la costa setentrional. Debo decir sin embargo que mi querido y antiguo amigo Beaumont, tan profundamente versado en todas estas relaciones geognósticas, se ha pronunciado contra la opinion que acabo de esponer, por razones sacadas del loxodromismo. (Véase *Noticia sobre los sistemas de montañas* 1852, t. II, p. 667.)

(11) Pág. 379.—*Cosmos*, t. IV, p. 309.

(12) Pág. 379.—Véase sobre la causa de la depresion de una gran parte del Asia, y sobre el hecho de que las pendientes mas rápidas de las cordilleras están generalmente vueltas hácia el mar mas cercano, Arago, *Astronomía popular*, t. III, p. 66 y 242.

(13) Pág. 380.—Klaproth *Asia poliglota*, p. 232, y *Memorias relativas al Asia*, (compuestas segun la *Enciclopedia china*, publicada por órden del emperador Kanghi en 1711), t. II, p. 342. Véase tambien Humboldt, *Asia central*, t. II, 125 y 135-143.

(14) Pág. 380.—Pallas, *Zoographia Rosso-Asiatica*, 1811, p. 115.

(15) Pág. 381.—No es, como podria creerse, en las cordilleras del Himalaya la mas cercana el mar, de la que algunas partes, comprendidas entre las montañas colosales de Kuntschindjinga y de Schamalari, se aproximan al golfo de Bengala á la distancia de 107 y aun de 94 millas geográficas, donde empieza á manifestarse la actividad volcánica, sino en la tercera cordillera, conocida con el nombre Thian-shan y separada del golfo de Bengala por una distancia casi cuádruple, cuyo levantamiento se ha operado con circunstancias muy particulares, es decir por consecuencia de hundimientos del suelo que han determinado quiebras

Digitized by Google

y roto capas. Las obras geográficas de los Chinos, cuyo estudio ha seguido Julien á instancias mias, nos enseñan que el Kuen-lun, el Tsi-schischan de los Mogoles, que forma el límite setentrional del Tibet, encierra, en la colina Schin-khieu, una caverna de donde se escapan incesantemente las llamas (*Asia central* t. II, página. 427-467 y 483). Este fenómeno parece ser del todo análogo al de la Quimera de Licia, que vomita tambien llamas desde hace millares de años. No volcan, sino fuente de fuego es esta que esparce á lo lejos un olor suave, y que quizá contiene nafta. El Kuen-lun, que el Dr. Thomson, sábio botánico del Tibet occidental, considera, en su *Flora indica* (1855, p. 253), como yo en el *Asia central* (t. I, p. 127, y t. II, p. 431), una prolongacion del Hindu-kho, al cual se une la cordillera del Himalaya que se estiende de S. E. á N. O., se aproxima de tal modo á la estremidad occidental de dicha cordillera que mi escelente amigo Schlagintweit juzga al Kuen-lun y al Himalaya, al O. del Indo, como formando una sola masa de montañas (*Report n.° 9 of the magnetic Survey in India*, by Adolf Schlagintweit, 1856, p. 61). Pero en toda la region que se estiende al E. hasta el 90° de longitud, oriental cerca del mar de las Estrellas. al Kuen-lun corre de O. á E. á 7° 30′ del Himalaya, componiendo una cordillera completamente independiente, como nos muestran descripciones detalladas, del siglo XVII de nuestra era, en tiempo de la dinastía de los Sui (véase Klaproth, *Cuadros históricos del Asia*, p. 204). Los hermanos Schlagintwenit son los primeros que han conseguido algun resultado en la peligrosa empresa de pasar de Ladak en el territorio de Khotan, atravesando el Kuen-lun (julio y setiembre de 1856), Segun sus observaciones, siempre tan minuciosas, la alta cordillera, en que se dividen las aguas y en que se halla el paso del Karakorum, de 17,170 pies de elevacion, forma el límite setentrional del Tibet, y sigue la direccion S. E. al N. O., paralelamente á la parte del Himalaya situada mas al S., al O. del Dhawalagiri. Los rios de Yarkand y de Karakasch, de que se compone en parte el gran sistema de las aguas del Tarim y del lago Lop, tienen su orígen en la vertiente N. O. de la cordillera de Karakorum. De allí partieron los viajeros, para llegar ,por Kissilkorum y las fuentes termales (49° centígrados) del pequeño lago alpino del Kiuk-Kiul, á la cordillera paralela de Kuen-lun (Report, n.° 8, Agra, 1857, p. 6).

(16) Pág. 381.—*Geograph. Bote*, 1855, p. 31.

(17) Pág. 382.—*Cosmos*, t. I, p. 155; t. IV, p. 32.

(18) Pág. 382.—Arago, *Astronomía popular*, t. III, p. 249), adopta con corta diferencia el mismo espesor para la corteza terrestre, á saber, 40,000 metros (5 $^1/_2$ millas próximamente). Beaumont aumenta este espesor una

Digitized by Google

cuarta parte mas (*Sistemas de montañas*, t. I, p. 1,237). La mas antigua evaluacion es la de Cordier, que llega hasta 14 millas geográficas. La teoría de la estabilidad de Hópkins exigiria un espesor de 172 á 235 millas. Me adhiero completamente, por razones geológicas, á las dudas que Naumann ha suscitado, en su escelente obra (*Lehrbuch der Geognosie*, t. I, p. 62-64, 73-76 y 298), contra esta enorme distancia entre el interior líquido del globo y los cráteres de los volcanes activos.

(19) Pág. 383.—La presencia de la plata en el agua de mar, descubierta por Malaguti y confirmada por Field, es un ejemplo de los cambios apreciables de composicion que se operan en la Naturaleza por pequeñísimas acumulaciones graduales. A pesar de la inmensa estension del Océano y la insignificante superficie de los buques que le atraviesan, se ha podido recientemente reconocer por el depósito que se produce en el cobre de estos buques, la parte de plata contenida en el agua de mar.

(20) Pag. 383.—Bunsen, *über die chemischen Prozesse der vulkanischen Gesteinsbildungen*, en los *Annalen* de Poggendorff, t. LXXXIII, p. 242 y 246.

(21) Pág. 383.—*Memorias de la Academia de Ciencias*, t. XLIII, 1856, p. 366 y 689. El primer análisis exacto del gas que se escapa con ruido de la gran solfatara de Pozzuoli, recogido con gran dificultad por Saint-Claire Deville, ha dado 24,5 de ácido sulfuroso, 14,5 de oxígeno, y 61,4 de ázoe.

(22) Pág. 383.—*Cosmos*, t. IV, p. 187.

(23) Pág. 384.—Boussingault, *Economía rural*, 1851, t. IV, p. 724-726: «La permanencia de las tempestades en el seno de la atmósfera (bajo los trópicos) es un hecho capital, porque se refiere á una de las cuestiones mas importantes de la física del globo: la de la fijacion del ázoe del aire en los séres orgánicos. Siempre que una série de chispas eléctricas pasa por el aire húmedo, hay produccion y combinacion de ácido nítrico y amoniaco. El nitrato de amoniaco acompaña constantemente al agua de las lluvias tormentosas, y como, por su naturaleza, no podria mantenerse en el estado de vapor, señálase en el aire carbonato amoniacal, y el amoniaco del nitrato es lanzado á la Tierra por la lluvia. Así, en definitiva, el rayo, accion eléctrica, prepara el gas ázoe de la atmósfera para asimilarlo á los séres orgánicos. En la zona equinoccial, durante todo el año, todos los dias, probablemente aun en todos los instantes, se producen en el aire contínuas descargas eléctricas. Un observador colocado en el Ecuador, si estuviera dotado de órganos bastante sensibles, oiria allí contínuamente el ruido del trueno.» Pero la sal amoniaca, como la sal comun ó cloruro de sodio, se halla algunas veces en las corrientes mis-

Digitized by Google

mas de lava, como producto de las sublimaciones de los volcanes; así acontece en el Hecla, el Vesubio y el Etna, en la cordillera volcánica de Guatemala (volcan de Izalco), y sobre todo en Asia, en la cordillera del Thian-schan. Hay años en que los habitantes de la comarca comprendida entre Kutsche, Turfan y Hami, pagan su tributo al emperador de la China en sal amoniaca (en chino *nao-scha*, en persa *muschaden*), que es objeto importante del comercio esterior (*Asia central*, t. II, p. 33, 38, 45 y 428).

(24) Pág. 384.—*Viajes de Boussingault*, 1849, p. 78.

(25) Pág. 384.—*Cosmos*, t. I, p. 259.

(26) Pág. 385.—Rozet, Memoria sobre los volcanes de Auvernia, en las *Memorias de la Sociedad geológica de Francia*, 2.ª serie, t. I, p. 64 y 120-130: «Los basaltos (como los traquitos), han horadado el gneis, el granito, el terreno hullero, el terciario, y los mas antiguos depósitos diluvianos. Y aun se ve que los basaltos recubren frecuentemente masas de guijarros arrollados basálticos, y que han salido de infinidad de aberturas de las que algunas todavía se reconocen perfectamente (?). Muchos presentan conos de escorias mas ó menos considerables, pero no se hallan jamás allí cráteres semejantes á los que producen corrientes de lava...»

(27) Pág. 385.—Como los trozos graníticos envueltos en el traquito del Jorullo. *Cosmos*, t. IV, p. 272.)

(28) Pág. 385.—Así sucede en el Eifel, segun el importante testimonio de Dechen, (véase *Cosmos*, t. IV, p. 213.)

(29) Pág. 386.—El Rio de Guaillabamba desemboca en el Rio de las Esmeraldas. La aldea de Guaillabamba, cerca de la cual he hallado basaltos aislados, que contienen olivina, está situada á 6,480 pies sobre el nivel del mar. En el valle reina un calor insoportable, aunque es mayor en el *Valle de Chota*, entre Torsa y la *Villa de Ibarra*, cuyo terreno baja hasta no quedarse mas que á 4,962 pies de altura, asemejándose mas bien á una quiebra que á un valle, en atencion á su profundidad que es de 4,500 pies, por 9,000 únicamente de anchura.

Humboldt, *Coleccion de Observaciones astronómicas*, t. I, p. 307). La erupcion de despojos que lleva el nombre de *Volcan de Ansango*, en la pendiente del Antisana, no pertenece de ningun modo á la formacion basáltica; es mas bien un traquito que tiene oligoclase y que se parece al basalto. (Véase tocante al antagonismo de los basaltos y de los traquitos, mi *Ensayo sobre el yacimiento de las Rocas*, 1823, p. 327-336, 348 y 359.

(30) Pág. 388.—Wisse, *Esploracion del volcan de Sangay*, en las *Mem. de*

Digitized by Google

la Academia de Ciencias, t. 36, 1853, p. 721. Wisse ha llegado hasta un punto situado á 900 pies de la cumbre cuyo diámetro no mide menos de 456 pies. Los fragmentos eruptivos de traquito que recogió en la pendiente superior del cono están formados, segun Boussingault, de una sustancia negra, semejante á el pestein, en la cual están embutidos fragmentos de feldespato, quizá de feldespato vítreo. Un fenómeno notable, y que parece único hasta hoy en las erupciones volcánicas, es el de que pequeños fragmentos de cuarzo puro, de aristas agudas, han sido arrojados al mismo tiempo que los grandes trozos de traquitos negros. Veo en una carta de mi amigo Boussingault, de enero de 1851, que el volúmen de estos fragmentos no escede de cuatro centímetros cúbicos. No hay cuarzo en la masa traquítica. Todos los traquitos volcánicos que he examinado en las Cordilleras de la América meridional ó de Méjico, y aun los pórfiros traquíticos en los cuales se encuentran los ricos filones de plata de *Real del Monte*, de Moran y de Regla, al N. de la alta meseta de Méjico, están completamente desprovistos de cuarzo. A pesar de este antagonismo aparente entre el cuarzo y el traquito en los volcanes en actividad, no debo á negar el orígen volcánico de los traquitos y de los pórfiros molares que Beudant señaló antes que nadie; pero la manera que han tenido estas rocas de romper á través de las fisuras no ofrece seguramente ninguna relacion con la composicion de las eminencias traquíticas en forma de conos ó de cúpulas.

(31) Pág. 388.—*Cosmos*, t. IV, p. 207.

(32) Pág. 389.—El astrónomo de Olmutz, Schmidt, ha hecho, con medidas de altura, ángulos de inclinacion y cortes verticales, un trabajo sobre el Vesubio, la Solfatara, el Monte Nuovo, los *Astroni*, Rocca Monfina y los antiguos volcanes de los Estados romanos, cuyo indicio existe en los *lago Bracciano* y *di Bolsena*, trabajo que es el mas completo que poseemos en este género de comarcas volcánicas. (Véase *die Eruption des Vesuvs im Mai* 1855, y en el Atlas, las tablas III, IV y IX).

(33) Pág. 389.—A medida que, desde Mayer hasta Lohrmann, Mädler y Schmidt, se ha conocido mejor la configuracion de la superficie lunar, la confianza en las grandes analogías que se suponian entre las andamiadas volcánicas de la Tierra y las de la Luna ha ido mas bien disminuyendo que aumentando. Este resultado depende menos de las relaciones de dimension y agrupamiento de gran número de muros circulares comprobado desde el principio, que de la naturaleza de las estrias y sistemas de irradiaciones que no producen sombra, y tienen mas de cien millas de longitud y de media á cuatro millas de anchura, como en Tico, Copérnico, Keplero y Aristarco. Interesa observar que ya Galileo,

Digitized by Google

en su carta al Padre Grienberger, *sulla montuosità della Luna*, creia poder comparar las montañas circulares de la Luna, cuyo diámetro juzgaba mayor de lo que es realmente, con el muro montañoso que rodea por todas partes la Bohemia, y que el ingenioso Hooke atribuye, en su *Micrografia*, el tipo circular que domina casi por todas partes en la Luna, á la accion del interior contra el esterior. En lo que concierne á las montañas circulares de la Luna, me he interesado vivamente en estos últimos tiempos, en las relaciones de altura entre las montañas centrales y los muros fortificados ó bordes de los cráteres, como en la existencia de cráteres parásitos en las mismas fortificaciones. Por consecuencia de gran número de observaciones exactas, Schmidt, actualmente ocupado en continuar y en completar la topografía de la Luna empezada por Lohrmann, declara que ni una sola montaña central alcanza la altura de los bordes de su cráter, y que probablemente la cumbre de estas montañas es sensiblemente inferior á la parte de la superficie lunar de donde el cráter ha salido. El cono de escorias que se elevó en el cráter del Vesubio el 22 de octubre de 1822, y que se percibe desde Nápoles, pasa 28 pies, segun las medidas trigonométricas de Brioschi, la *Punta del Palo*, punto culminante del borde setentrional del cráter, que está á 618 toesas sobre el nivel del mar. Al contrario en la Luna, gran número de montañas centrales, medidas por Mädler y Schmidt, son de menos de 1,000 toesas en el borde medio del muro, y de 100 en lo que se puede mirar aproximadamente como nivel medio del suelo en esta parte de la Luna (véase Mädler, en el *Jahrbuch* de Schumacher de 1841, p. 272 y 274, y Schmidt, *der Mond*, 1856, p. 62). Ordinariamente las montañas de la Luna ó las masas de montañas tienen varias cumbres, como se vé en Teófilo, Petavio y Bulliald. Copérnico encierra seis montañas centrales; el Alfons solo presenta un pico central propiamente dicho, que termina en punta aguda. Esta disposicion recuerda los *Astroni* de los campos Flegráneos, cuyas masas centrales ofrecian con razon, á los ojos de Buch, considerable importancia. «Estas masas, dice, no han tenido erupcion, como tampoco las montañas situadas en medio de los circos de la Luna. No ha existido jamás relacion permanente entre el esterior y el interior, y no hay por consiguiente volcanes. Lo que se vé en la Luna es mas bien el tipo de las grandes cúpulas traquíticas cerradas en la cumbre, que en tan gran número están repartidas por la superficie de la Tierra; tales como Puy-de-Dôme y el Chimborazo» (Poggendorff's *Annalen*, t. XXXVII, 1836, p. 183). La circunvalacion de los *Astroni* tiene la forma de una elipse cerrada y no se eleva nunca á mas de 130 toesas sobre el nivel del mar. Las cumbres situadas en el centro son 103 toesas inferiores al mínimum del muro que guarnece los cráteres del S. O. Estas cúpulas forman dos hileras paralelas cubiertas de espesos matorrales (véase Schmidt, *Erup-*

Digitized by Google

cion de los Vesubios, p. 147, y der Mond, p. 70 y 103). Se debe contar entre los mas notables objetos que presenta la superficie de la Luna, la montaña circular llamada Petavio, en la que todo el suelo interior del cráter se halla redondeado en forma de cúpula ó de vejiga, lo que no impide que esté coronado por una montaña central. La convexidad es aqui la forma permanente. En nuestros volcanes terrestres, la superficie de los cráteres puede elevarse de tiempo en tiempo por la elasticidad de los vapores subterráneos casi á la altura de los bordes del cráter; pero en el momento que los vapores se han abierto paso, la superficie se deshincha y desciende. En nuestro globo, los cráteres que tienen mayores diámetros son la *Caldeira de Fogo*, á la que Deville asigna el de 4,100 toesas (1,08 millas geográficas), y la *Caldeira* de Palma, que mide 3,100 segun Buch, mientras que en la Luna, Tico y Teófilo tienen un diámetro de 45,000 toesas el primero y 50,000 el segundo, es decir, 11,3 y 13 millas geográficas respectivamnete. Los cráteres secundarios ó parásitos que se abren en el muro del gran cráter son muy frecuentes en la Luna. El suelo de estos cráteres se halla ordinariamente vacío, como sucede en la gran muralla derruida del Maurolico. Raras veces hay en ellos una pequeña montaña central, quizá un cono de erupcion, como se vé en Longomontano. En el precioso bosquejo con que representa el sistema de los cráteres del Etna, mi amigo el astrónomo Peters, actualmente en la América del Norte, en Albany, y que me envió de Flensburg en agosto de 1854, se reconoce claramente el cráter marginal parásito, llamado *Pozzo di Fuoco*, que se formó en enero de 1833, en el borde E. S. E., y ha producido hasta 1843 muchas erupciones considerables de lava.

(34) Pág. 390.—En 1822, en la segunda edicion de su *Tratado de Mineralogia* (t. IV, p. 579), Haüy ha aplicado por primera vez á una roca de Auvernia el nombre bien poco característico de traquito (piedra áspera al tacto), tan generalmente empleado hoy para designar la roca por medio de la cual se abren paso los volcanes. Haüy se limita á dar la etimología de este nombre y á describir la roca brevemente, sin mencionar las denominaciones mas antiguas de *granito calentado en sitio*, como le llamaba Desmarets, de trapp-porfiro y de domita. Antes de 1822, sin embargo, el nombre de traquito era ya conocido desde las esplicaciones de Haüy en el Jardin de Plantas, y se le halla en una Memoria de Buch sobre las islas basálticas y los cráteres de elevacion (1818), en el Tratado de Mineralogía de Daubuisson (1819) y en la importante obra *Viaje á Hungria*, de Beudant. Resulta de cartas que he recibido recientemente de Beaumont que, segun las memorias de Delafosse, hoy miembro del Instituto, en otro tiempo ayudante de Haüy, la denominaciou de traquito se remonta á los años 1813 y 1816. La publicidad que dió Buch al

Digitized by Google

nombre de domita parece datar segun el testimonio de Ewald, de 1809. Este nombre está mencionado por primera vez en la 3.ª carta á Carsten (*Geognostiche Beobachtungen auf Reisen durch Deutschland und Italien*, t. II, 1809, p. 244), en la cual se lee: «El pórfiro del Puy-de-Dôme es una roca particular aun innominada, formada de cristales de feldespato que brillan como el vidrio, de anfibol y pequeñas hojas de mica negra. En las quiebras de esta roca, que llamo provisionalmente domita, se encuentran preciosas drusas cuyas paredes están cubiertas de cristales de mica ferruginosa. En toda la estension del Puy, los conos de domita alternan con los conos de escorias.» El segundo tomo de los *Viajes*, que contiene las cartas de Auvernia, se imprimió en 1806, aunque no apareció hasta 1809; en 1809, por consiguiente, aparece el nombre de domita publicado por primera vez. Es de notar que cuatro años mas tarde, en la Memoria de Buch sobre el trapp-pórfiro, no se trata ya de domita. He citado en el texto un perfil de las Cordilleras que acompaña á mi Diario de Viaje (julio de 1802), que se estiende desde los 4° de latitud boreal hasta los 4° de latitud austral, y que lleva por título *Afinidad entre el fuego volcánico y los porfiros;* ha querido recordar que este perfil, que representa las tres divisiones de los grupos volcánicos de Popayan, de los Pastos y de Quito, como la erupcion del trapp-pórfiro en el granito y el esquisto micáceo del *Páramo de Assuay*, en el gran camino de Cadlud, á la altura de 14,568 pies, ha sido la causa de que Buch me atribuyera con gran benevolencia el descubrimiento «de que todos los volcanes de la cordillera de los Andes tienen su asiento en un pórfiro que compone una especie de roca distinta, perteneciente esencialmente á las formaciones volcánicas» (*Abhandlungen der Akademie der Wissenschaften zu Berlin, für* 1812 y 1813, p. 131, 151 y 153). He podido contribuir mas que nadie á generalizar el conocimiento de este fenómeno; pero Nose, cuyos servicios se han desconocido por tanto tiempo, habia descrito desde 1789, en sus cartas orográficas, la roca volcánica de Siebengebirge como especie de pórfiro particular á la comarca del Rin, muy parecido al basalto y al esquisto porfírico.» Dice Nose que esta combinacion se caracteriza sobre todo por el feldespato, que propone llamar sanidina, y que pertenece, segun el tiempo de su formacion, á las capas estratificadas medias (*Niederrheinische Reise*, 1.ª parte, p. 26, 28 y 47; 2.ª parte, p. 428). Buch afirma que Nose habia declarado esta formacion de pórfiro, denominándola con poco acierto *porfiro granítico*, anterior, como los basaltos, á los estratos mas recientes; creo que esto es un error de su parte. El gran geognosta, arrebatado bien pronto á la ciencia, habia dicho que toda esta roca debió designarse con un nombre que indicara su analogía con los feldespatos vítreos, con el nombre, por ejemplo, de pórfiro-sanidina, si no llevara ya el de trapp-pórfiro (*Abhandlungen der Berl. Akademie für* 1812-1813, p. 134). La historia de la

Digitized by Google

nomenclatura sistemática de una ciencia no deja de tener importancia, en el sentido de que refleja la série de las opiniones reinantes.

(35) Pág. 390.—Humboldt, *Cosmos*, t. I, prefacio, p. VII.

(36) Pág. 391.—Buch, en Poggendorff's *Annalen*, t. XXXVII, 1836, p. 188 y 190.

(37) Pág. 391.—Rose, en Gilbert's *Annalen*, t. LXXIII, 1823, p. 173, y *Anales de Quimica y de Física*, t. XXIV, 1823, p. 16. El primero que ha presentado al oligoclase como nueva especie de minerales, es Breithaupt (Poggendorff's *Annalen* t. VIII, 1826, p. 238). Se ha creido reconocer mas tarde que el oligoclase es idéntico á cierto mineral observado por Berzelius en un filon de granito que ha horadado el gneis cerca de Stocolmo, y que llamó *Natron-Spodumen*, en razon de su composicion química. Véase en Poggendorff's *Annalen*, t. IX, 1727, p. 281.

(38) Pág. 392.—Véase sobre el granito del Reisengebirge, Rose, en Poggendorff's *Annalen*, t. LVI, 1842, p. 617. Berzelius no habia hallado oligoclase, su *Natron-Spodumen*, mas que en un filon de granito. En el trabajo que acabamos de citar presenta por primera vez esta sustancia como uno de los elementos de la masa misma del granito. En esta Memoria, Rose ha determinado el oligoclase segun su peso específico, segun la cantidad de cal que contiene, y que es mayor que en la albita, y su sensibilidad mayor tambien que la de esta sustancia. El mismo ensayo por el que encontró el peso específico igual á 2,682, ha sido tambien analizado por Rammelsberg. Véase *Handwörterbuch der Mineralogie, Supplem.*, p. 104, y Rose, *über die zur Granitgruppe gehörenden Gebirgsarten*, en la *Zeitschrift der deutschen geolog. Gesellschaft*, t. I, 1449, p, 364.

(39) Pág. 392.—Poggendorff's *Annalen*, t. LXVI, 1845, p. 109.

(40) Pág. 392.—Rozet, *sobre los Volcanes de la Auvernia*, en las *Memorias de la Sociedad geológica de Francia*, 2ª série, 1.ª parte, 1844, p. 69.

(41) Pág. 392.—Los fragmentos de leucitofiro, que he recogido en el Monte-Nuovo, han sido descritos por Rose, en los *Geognostische Beobachtungen* de Hoffmann (1839, p. 219). Sobre los traquitos del Monte di Procida, en la isla del mismo nombre, y de la roca de San Martino, véase Roth, *Monografia de los Vesubios*, 1857, p. 519-522, tab. 8.ª El traquito de la isla de Ischia contiene, en el Arso ó corriente de lavas de Cremata que data del año 1371, feldespato vitreo, mica oscura, augita verde, hierro magnético y olivina (*Idem*, p. 528); no contiene leucita.

(42) Pág. 393.—Las relaciones geognósticas y topográficas del Siebengebirge de Bonn han sido generalizados con gran sagacidad y exacti-

Digitized by Google

tud por mi amigo Dechen, Director de Minas, en la Coleccion titulada *Verhandlungen des naturhistorischen Vereins der preuss. Rheinlande und Westphalens*, 1852, p. 289-567. Todos los análisis químicos de los traquitos del Siebengebirge, que han aparecido hasta el presente se han reproducido allí (p. 323-356), haciéndose en dicha obra mencion tambien de los traquitos del Drachenfels y del Röttchen, cuya masa principal contiene, ademas de grandes cristales de sanidina ó feldespato vitreo, muchas partículas cristalinas distintas. El doctor Bothe examinó químicamente estas partes, en el laboratorio de Mitscherlich, reconociéndolas por oligoclase completamente igual al de Danwikszoll, cerca de Stockolmo, citado por Berzelius (véase Dechen, *idem.*, p. 340-346). La Wolkenburg y el Stenzelberg no tienen feldespato vitreo, y pertenecen no á la segunda, sino á la tercera division. Presentan lo que puede llamarse roca del Toluca. El capítulo que trata de la descripcion geognóstica del Siebengebirge, y de la edad relativa de los conglomerados traquíticos y basálticos (p. 405-461) ofrece muchos puntos de vista nuevos. «A los filones de traquito que se muestran mas raramente en los conglomerados traquíticos, y que prueban que la formacion del traquito ha continuado aun despues del depósito de dichos conglomerados (p. 413) se asocian abundantes filones de basalto (p. 416). Seguro es que la formacion basáltica alcanza una época mas reciente que la traquítica, y la masa principal del basalto es aquí mas moderna que el traquito. Por otro lado, solo una parte del basalto (p. 223) es mas reciente que la gran masa de hulla. Las dos formaciones, basalto y hulla, tienen lugar en el Siebengebirge, de la misma manera que en tantos otros puntos, y deben considerarse en su conjunto como contemporáneos.» Allí donde pequeñísimos cristales de cuarzo se presentan raramente en los traquitos del Siebengebirge, y segun Nœgerrath y Bischof, en el Drachenfels y en el valle de Rhöndorf, llenan las cavidades y parecen de formacion mas reciente (p. 61 y 370); pudiendo haberse producido por la descomposicion del feldespato vítreo ó sanidina. He visto una sola vez, ascendiendo al Chimborazo, á 16,000 piés de altura, iguales sedimentos de cuarzo, aunque muy delgados, depositados en las paredes de las cavidades de algunas masas traquíticas de color de ladrillo y muy poderosas (Humboldt, *Yacimiento de las rocas*, 1823, p. 336). Estos fragmentos, de que he hablado varias veces en mi Diario de viaje, faltan en las colecciones de Berlin. La alteracion del oligoclase ó de la misma pasta de la roca puede dar semejantes señales de sílice libre. Algunos puntos del Siebengebirge merecen aun un nuevo y asíduo exámen. La cumbre mas elevada, la Löwenburg, que se cita como de basalto, parece ser, segun el análisis de Bischof y de Kjerulf, una roca dolerítica. (Dechen, p. 383, 386 y 393). La roca de la pequeña Rosenau que se ha llamado algunas veces sanidofira, pertenece, segun Rose, á la primera division de sus traquitos, y se aproxima mucho á

Digitized by Google

ciertos traquitos de las islas Ponza. Segun Abich, cuyas observaciones desgraciadamente no se han publicado aun, el traquito del Drachenfels, que contiene grandes cristales de feldespato vitreo, ofrece la mayor analogía con el del Dsyndserly-dagh, de 8,000 pies de altura, situado al N. del gran Ararat, en medio de una formacion de numulitas superpuesta á capas devonianas.

(43) Pag. 393.—La corta distancia que separa el cabo Perdica en la isla de Egina, los célebres traquitos de rojo oscuro de la isla de Metona, y las fuentes sulfurosas de Bromolimni hace creer que estos traquitos y los de la isla Calauria pertenecen tambien á la tercera division de Rose (oligoclase mezclado con anfibol y mica). Véase Curtius, *Peloponnesos*, t. II, p. 439 y 446, tab. XIV.

(44) Pág. 393.—Véase el escelente mapa geológico de los alrededores de Schemnitz, del Consejero de Minas, Peltko, 1852, y los *Abhandiungen der K. K. geologischen Reichsanstalt*, t. II, 1855, 1.ª parte, p. 3.

(45) Pág. 393.—*Cosmos*, t. IV, p. 353.

(46) Pág. 393.—Las columnas basálticas de Pisoja, cuya parte feldespática ha sido analizada por Francis (Ponggendorff's *Annalen*, t. LII, 1841, p. 471), situadas en las llanuras de Amolanga, cerca de las riberas del Cauca y de las aldeas de Santa Bárbara y de Marmato, se componen de oligoclase algo alterado, en grandes y hermosos cristales, y de pequeños cristales de anfibol. Pueden citarse, como muy semejantes á esta mezcla: el pórfiro diorítico cuarcífero de Marmato, que refiere Degenhardt, y cuya parte feldespática se ha llamado por Abich andesina; la roca sin cuarzo de Cucurusape, cerca de Marmato, de la coleccion de Boussingault (Saint-Claire Deville, *Estudios de Litologia*, p. 29); la roca que he hallado á 3 millas geográficas al E. del Chimborazo, bajo las ruinas del antiguo Riobamba (Humboldt, *Misceláneas de Gèologia y de Fisica general*, t. I, p. 183), y por último la roca de las montañas del Esterel, en el departamento del Var (Beaumont., *Esplicacion del Mapa geológico de Francia*, t. I, p. 473).

(47) Pág. 394.—Marcou, *Résumé of a geological reconnaissance from the Arkensas to California*, julio 1854, p. 46; *Resumen esplicativo de un mapa geológico de los Estados-Unidos*, 1855, p. 113, y *Bosquejo de una clasificacion de las cadenas de montañas de la América del Norte* 1855, p. 23.

(48) Pág. 394.—Deville, que ha visitado las islas Canarias á fines de 1842, ha reconocido primero que nadie feldespato en los traquitos de Tenerife, véase su *Viaje geológico á las Antillas y á las islas de Tenerife y de Fogo* (1848, p. 14, 74 y 169), y el *Análisis del feldespato de Tenerife*, en las

Digitized by Google

Mem. de la Academia de Ciencias, t. 19, 1844, p. 46. «Los trabajos de Rose y Abich, dice este notable geognosta, han contribuido no poco, bajo el doble punto de vista cristalográfico y químico, á derramar luz sobre las numerosas variedades de minerales que se comprendian bajo la vaga denominacion de feldespato. He podido someter al análisis cristales *aislados con cuidado*, y cuya densidad en diversas muestras era uniformemente 2,593, 2,594 y 2,586. Esta fue la primera vez que el feldespato oligoclase se indicó en los terrenos volcánicos, á escepcion quizá de algunas de las grandes masas de la Cordillera de los Andes. No se habia señalado, al menos de un modo cierto, mas que en las rocas eruptivas antiguas (plutónicas, granitos, sienitas, pórfiros sieníticos,.....); pero, en los traquitos del Pico de Tenerife ha desempeñado un papel análogo al del Labrador en las masas doleríticas del Etna.» V. tambien Rammelsberg, en la *Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft*, t. V, 1853, p. 691, y el cuarto suplemento de su *Handwörterbuch der chemnischen Mineralogie*, p. 245.

(49) Pág. 394.—La medida trigonométrica del gran volcan mejicano Popocatepetl, que hice el 24 de enero de 1804, en el Llano de Tetimba, es la primera determinacion de altura de este volcan (*Cosmos*, t. IV, p. 38.) Hallé entonces que la cumbre tenia 1,536 toesas sobre el Llano; y como este está situado á 1,234 toesas sobre la costa de Veracruz, la altura absoluta del volcan es de 2,770 toesas, ó 16,620 pies. Las medidas barométricas que siguieron á mi determinacion trigonométrica han hecho suponer que el volcan se hallaba mas alto aun de lo que yo habia indicado en mi *Ensayo sobre la Geografia de las plantas* (1807 p. 148), y en mi *Ensayo politico sobre la Nueva-España* (t. I, 1825, p. 185). Glennie, que llegó por primera vez al borde del cráter el 20 de abril de 1827, contó, segun su propio cáleulo (*Gaceta del Sol*, *publ. en Méjico*, n.° 1,432), 17,884 p. ingleses (2,796 toesas); una rectificacion de Burkart, que ha prestado tan grandes servicios á la hipsometría americana, y la comparacion con una altura barométrica calculada casi simultaneamente en Veracruz, reducen esta evaluacion á 16,900 pies. Otra medida barométrica de Birbeck, segun las tablas de Oltmanns (10 de noviembre de 1827, solo da 16,753 pies. La de Doignon, que presenta gran conformidad con la medida trigonométrica de Tetimba, indica 5,403 metros = 16,632 pies (Gumprecht, *Zeitschrift für allgemeine Erdkunde*, t. IV, 1855 p. 390). Un hombre de rara instruccion, actualmente enviado prusiano en Washington, Gerolt, ha visitado igualmente como el baron Gros, la cumbre del Popocatepetl (28 de mayo de 1833), hallando, conos resultado de una medida barométrica muy exacta, que la *Roca del Fraile*, situada bajo el cráter, está á 15,850 pies sobre el nivel del Océano. Los resultados hipsométricos, que acabamas de citar en su órden cronológico ofrecen una estraña contradiccion con la medida barométrica de Craveri, que

Digitized by Google

parece haberse verificado cuidadosamente, y ha sido publicada por Pétermann, en su importante coleccion *Mittheilungen über wichtige neue Erforschungen der Geographie*, 1856, lib. 10, p. 358-361. Craveri, en setiembre de 1855, señaló como altura del borde mas elevado del cráter, el del N. O., comparada con el resultado que obtuvo para la altura media de la presion atmosférica en Veracruz, solo 5,230 metros = 16,099 pies, es decir 521 pies ó $^1/_{32}$ de la altura total de menos de lo que yo habia hallado, medio siglo antes, por medidas trigonométricas. Craveri estima tambien que la altura de Méjico sobre el nivel del mar es 184 pies inferior á la que hemos comprobado Burkart y yó, en épocas bien diferentes, señalando 2,217 metros, en lugar de 2,277 m = 1,168 toesas. He tratado mas detalladamente, en el Diario del Dr. Pétermann (p. 479-481), de las variaciones en mas y en menos que pueden afectar mis medidas trigonométricas, á que desgraciadamente no han seguido nuevas esperiencias. Las 453 determinaciones de altura que hice, de setiembre de 1799 á febrero de 1804, en Venezuela, en las riberas del Orinoco), de la Magdalena y del rio de las Amazonas, en las cordilleras de Nueva Granada, de Quito y del Perú y en las comarcas tropicales de Méjico, todas calculadas de nuevo por el profesor Oltmanns, segun la fórmula de Laplace, con los coeficientes de Ramond, se han publicado en mi Nivelacion barométrica y geológica (véase *Coleccion de Observaciones astronómicas*, t. I, p. 295-334). Las determinaciones se han hecho sin escepcion con los barómetros de cubeta y de nivel constante de Ramsden, y no con los aparatos en que pueden agregarse varios tubos de Torricelli recientemente llenos, ni con los instrumentos que tengo indicados y descritos en el *Diario de Física* de Lamétherie (t. IV, p. 468), y se han empleado en Alemania y Francia, unicamente en los años 1796 y 1797. Me he servido de los mismos barómetros de cubeta portátiles de Ramsden en 1805, en el viaje que por Italia y Suiza hice con Gay-Lussac; y ambos quedamos contentos. Los escelentes esperimentos del astrónomo de Oltmütz, Schmidt, en el borde del cráter del Vesubio (*Beschreibung der Eruption im mai*, 1855, p. 114-116), suministran nuevos motivos de satisfaccion. Como no he subido jamas á la cumbre del Popocatepetl y le he medido trigonométricamente, el reproche que me dirige Craveri (Petermann's *Geogr. Mittheilungen*, lib. 10. p. 359), de haber atribuido á la montaña una altura insuficiente, en razon de haber empleado segun mi propia relacion tubos de Torricelli recientemente llenos, está obsolutamente desprovisto de fundamento. El aparato de muchos tubos no es ni aun aplicable al aire libre, mucho menos en la cumbre de una montaña; es este uno de los medios que, gracias á las facilidades que presentan las grandes ciudades, pueden emplearse en largos intervalos, cuando el observador no está suficientemente seguro del estado de sus barometros. He recurrido á él, raramente, pero lo recomendaria aun á los

Digitized by Google

viajeros tan calurosamente como ya lo hice en mis *Observaciones astronómicas* (t. I. p. 363-373): «Atendido á que vale mas no observar que hacer malas observaciones, debe temerse menos romper el barómetro que verle desordenado. Como Bonpland y yo hemos atravesado cuatro veces las Cordilleras de los Andes, las medidas que mas nos interesaban se han repetido en diferentes ocasiones, volviendo á los sitios que nos parecian dudosos. Hemos utilizado alguna vez el *aparato de Mutis*, en que se hace el esperimento primitivo de Torricelli, aplicando sucesivamente tres ó cuatro tubos bien calientes, llenos de mercurio recientemente hervido en un crisol de asperon. Cuando hay seguridad de no poder reemplazar los tubos, es quizas prudente no hacer hervir el mercurio en estos mismos tubos. Segun esperimentos hechos juntamente con Lindner, profesor de Química de la escuela de Minas de Méjico, la altura de la columna de mercurio en aquel punto, en seis tubos, es de:

259,7	lineas (antiguo pie de Paris).	
259,5	—	—
259,9	—	—
259,9	—	—
260,0	—	—
259,9	—	—

Solo los dos últimos tubos habian sido purgados del aire al fuego, por Bellardoni, ingeniero de instrumentos en Méjico. Como la exactitud del esperimento depende en parte de la limpieza interior de los tubos vacios, tan fáciles de trasportar, es útil cerrarlos herméticamente á la lámpara.» En las montañas, no pueden tomarse los ángulos de altura de la orilla del mar; las operaciones trigonométricas no son allí simples, y están en gran parte, y con frecuencia á 1/2 ó 1/2,7 de la altura total, acompañadas de medidas barométricas; de aquí resulta que es sumamente necesario determinar la altura de la meseta de donde se ha medido la base; pero atendido á que no pueden obtenerse á orillas del mar, separado de ordinario por una gran distancia, observaciones barométricas correspondientes, los viajeros se hallan á menudo dispuestos á tomar por altura media de la presion atmosférica en la meseta y á orillas del mar, lo que deducen de observaciones hechas en algunos dias sólo y en estaciones diferentes. «Para saber si una medida practicada con el auxilio del barómetro puede alcanzar la exactitud de las operaciones trigonométricas, basta examinar si, en un caso dado, las dos clases de medidas se han ejecutado en circunstancias igualmente favorables, es decir, con las condiciones que la teoría y una larga esperiencia tienen prescrito. El geómetra teme el juego de refracciones terrestres, el físico la distribucion muy desigual y poco simultánea de la columna de aire en la temperatura, á cuyas estremidades se hallan colocados los dos baróme-

Digitized by Google

tros. Parece muy probable que, cerca de la superficie de la Tierra, el decrecimiento del calórico sea mas lento que á mayores elevaciones; y para conocer con precision la densidad media de toda la columna de aire, seria menester, por la ascension en globo, examinar la temperatura de cada capa de aire superpuesta» (Humboldt, *Mem. sobre la Refraccion y las Medidas barométricas, en la Coleccion de Observaciones astronómicas*, t. I, página 138 y 371). Si la medida barométrica de Truqui y Craveri da á la cumbre del Popocatepetl 16,000 pies sólamente, mientras que Glennie le atribuye 16,780, la recientemente publicada por un viajero que ha esplorado los alrededores de Méjico y los campos de Yucatan y de Chiapa, el profesor del gimnasio de Olmütz, Heller, se conforma con la mia con 30 pies de diferencia. (Humboldt, *Mem. sobre la altura del volcan mejicano Popocatepetl*, en Petermann's *Mittheilungen aus Justus Perthes geographischer Anstalt*, 1856, p. 479-481).

(50) Pág. 394.—En la roca del Chimborazo, es imposible aislar mecánicamente de la masa principal los cristales de feldespato, como puede hacerse en la roca del Etna; pero la cantidad relativamente considerable de sílice que contiene la roca del Chimborazo, juntamente con el peso específico mas insignificante de esta roca, carácter que se relaciona con el primero, permite reconocer que la parte feldespática es oligoclase. La parte de sílice y el peso específico, están de ordinario en proporcion inversa: la cantidad de sílice es, en el oligoclase y en el labrador, de 64 y de 53 por ciento, mientras que el peso específico es de 2,66 y 2,71. La anortita, que no contiene mas que 44 por ciento de sílice, tiene un peso específico de 2,76. Esta relacion inversa entre las proporciones de sílice y las densidades de los minerales feldespáticos isomorfos, no existe, como observa Rose, cuando las formas cristalinas son diferentes. Así, por ejemplo, el feldespato y la leucita están compuestos de los mismos elementos: potasa, aluminio y sílice; pero el feldespato tiene 65 y la leucita 56 por 100 de sílice, y sin embargo el feldespato presenta un peso específico mayor (2,56) que el de la leucita (2,48).

Como yo deseaba, en la primavera de 1854, obtener un nuevo análisis del traquito del Chimborazo, el profesor Rammelsberg tuvo la bondad de ocuparse de esta operacion con su habitual exactitud. Doy á continuacion los resultados de su trabajo, tales como Rose me los manifestó en una carta de junio de 1854: «La roca del Chimborazo, me escribió Rose, sometido por el profesor Rammelsberg á un minucioso análisis, formaba parte de una de las muestras que tomásteis de la estrecha arista de roce que corre sobre la montaña, á la altura absoluta de 2,986 toesas.»

Digitized by Google

ANÁLISIS DE RAMMELSBERG.

(Altura, 17,916 pies; peso específico, 2,806.)

				Oxígeno.	
Sílice	59,12			30,70	2,33
Alúmina	13,48			6,30	1
Protóxido de hierro	7,27	1,61			
Cal	6,50	1,85			
Magnesia	5,41	2,13		6,93	
Sosa	3,46	0,89			
Potasa	2,64	0,45			
	97,88				

ANÁLISIS DE ABICH.

(Altura, 15,180 pies; peso específico, 2,685.)

			Oxígeno.	
Sílice	65,09	...	33,81	2,68
Alúminio	15,58	...	7,27	1
Oxido de hierro	3,83	...	1,16	
Protóxido de hierro	1,73	...	0,39	
Cal	2,61	...	0,73	
Magnesia	4,10	...	1,58	
Sosa	4,46	...	1,14	
Potasa	1,99	...	0,33	
Pérdida causada por la calcinacion y cloro	0,41	...		
	99,80			

«Es verdad que las diferencias entre los resultados de estos dos análisis son bastante importantes. Los dos fragmentos del Chimborazo que sirvieron para los esperimentos se han recogido á la altura de 17,916 y de 15,180 pies, y pertenecen á la coleccion geognóstica de Berlin. La roca analizada por Abich, tomada á menor altura (375 pies solamente sobre el nivel de la cumbre del Mont-Blanc), tiene un peso específico menor, y tambien una cantidad mayor de ácido silícico que la roca que pro-

(1) Para comprender mejor estas indicaciones numéricas, añadiré que la primera columna espresa la cantidad de cada parte, estando el todo representado por 100; la segunda y la tercera dan la cantidad de oxígeno contenido en estas diversas partes. La segunda columna no señala mas que el oxígeno de los óxidos mas fuertes que no contienen sino un átomo de oxígeno; en la tercera se ha hecho la suma del óxido para que pueda ser comparable al aluminio, que es un óxido débil, y al ácido silícico; por último, la cuarta columna da la relacion entre el oxígeno del ácido silícico y el oxígeno de todas las bases, estando tomadas estas por unidad. Esta proporcion es, en el traquito del Chimborazo, de 2,33 á 1.

Digitized by Google

viene de un punto mas elevado, y ha sido examinada por Rammelsberg. Si se supone que el aluminio pertenece á la parte feldespática, puede distinguirse en el análisis de Rammelsberg:

Oligoclase.	58,66
Augita.	34,14
Acido silícico.	4,08

«Como, admitiendo la presencia del oligoclase, queda una cierta cantidad de sílice libre, es probable que la parte feldespática de la mezcla sea de oligoclase y no de labrador. El labrador no se halla con la sílice libre, y si se admitiese la presencia del labrador en la roca, quedaria una cantidad mayor aun de sílice.»

Una detenida comparacion de muchos análisis, debida á la bondad de mi sabio amigo Sainte-Claire Deville, que ha tenido á su disposicion las ricas colecciones geognósticas de nuestro comun amigo Boussingault, prueba que hay en general mas sílice en la parte de la roca traquítica que en los feldespatos que contiene. El cuadro siguiente que el autor ha tenido á bien facilitarme, en junio de 1857, comprende cinco de los grandes volcanes de la cordillera de los Andes.

NOMBRES DE LOS volcanes.	ESTRUCTURA Y COLOR DE LA PASTA.	SILICE en toda la masa.	SILICE en el feldespato solamente.
CHIMBORAZO	subvítrea, de un gris oscuro . . .	65,09 Abich..	58,26
	subvítrea, negruzca..	63,19 Deville.	
	compacta, cristalina, parduzca. .	62,66 Deville.	
ANTISANA. .	de gris negro.	64,26 Abich..	58,26
	. . . . .	63,23 Abich..	
COTOPAXI. .	vítrea, oscura.	69,28 Abich..	
	granada, compacta.	63,98 Abich..	
PICHINCHA. .	negra, vítrea.	67,07 Abich..	
PURAZ. . .	subvítrea, verde botella.	60,80 Deville.	55,40
GUADALUPE.	gris, granada celular.	57,95 Deville.	54,25
BORBON. . .	gris, granada celular.	50,90 Deville.	49, 6

A este cuadro añade Deville la observacion siguiente: «Estas diferencias, en cuanto á la riqueza en sílice, entre la pasta y el feldespato, parecerán aun mas sorprendentes, si se atiende á que al analizar una roca en masa,

Digitized by Google

se analizan, con la pasta propiamente dicha, no solo los fragmentos de feldespato semejantes á los que se han estraido de ella, sino tambien minerales que, como el anfibol, el pirojeno y sobre todo el peridoto, son menos ricos en sílice que el feldespato. Este esceso de sílice se manifiesta *algunas veces* por granos aislados de cuarzo, como Abich ha señalado en los traquitos del Drachenfels (Siebengebirge de Bonn), y como yo mismo he tenido ocasion de observar con alguna admiracion en la dolerita traquítica de la Guadalupe.»

«Si se añaden, dice Rose, á este notable cuadro de la cantidad de sílice que contiene la roca del Chimborazo, los análisis mas recientes, que son los de Rammelsberg (mayo de 1854), el resultado de Deville aparece precisamente como intermediario entre los de Abich y de Rammelsberg, obteniendo los números siguientes:

Roca del Chimborazo.

Sílice, 65,09 Abich (peso específico, 2,685).
63,19 Deville.
62,66 Deville.
59,12 Rammelsberg (peso especifico, 2,806).»

El *Eco del Pacífico*, periódico publicado en San Francisco de California el 5 de enero de 1857, refiere que el viajero francés Remy y el inglés Brencklay, consiguieron llegar, el 3 de noviembre de 1856, á la cumbre del Chimborazo »envueltos en nieblas, y sin esperarlo.» Remy observó el punto de ebullicion del agua á 77°,5 del termómetro centígrado, siendo la temperatura de 1°,7 sobre cero. Cuando calculó, segun una regla hipsométrica probada en diferentes viajes á las islas de Sandwich, la altura á que llegara le admiró el resultado. Halló Remy 6.543 metros, es decir, una elevacion que solo difiere 40 pies de la que me dieron mis operaciones trigonométricas, en la meseta de Tapia, cerca de Riobamba-Nuevo (junio de 1803). Esta conformidad entre una medida trigonométrica y la basada sobre el punto de ebullicion del agua, es tanto mas sorprendente cuanto que mis medidas trigonométricas, como todas las que se han tomado en las Cordilleras, encierran una parte barométrica, y porque mi determinacion barométrica de la altura del Llano de Tapia (2,891 metros ó 8,899 pies) no es tan exacta, como yo hubiera deseado, por la falta de observaciones correspondientes á orillas del mar del Sur. Sobre el detalle de mis cálculos trigonométricos, véase mi *Coleccion de Observaciones astronom.*, t. I, p, 72 y 74. El profesor Poggendorff ha tenido á bien tomarse el trabajo de examinar á cuál de estos resultados debe conducir el cálculo mas racional en las circunstancias mas probables; y ha hallado que, suponiendo que la temperatura del aire á orillas del mar, en 17°,5 ó 26°,5 centígrados, y la altura del barómetro igual á 760mm, se obte-

Digitized by Google

nia, segun la tabla de Regnault, el resultado siguiente: el punto de ebullicion del agua á 77°,5 centígrados, en la cumbre de la montaña corresponde á una columna barométrica de 320m,20, en la temperatura de 0°; luego la temperatura del aire estaba á 1°,7, que puede reemplazarse aquí para mayor comodidad por 1°,5. Segun estos cálculos, las tablas de Oltmanns suministran para la altura alcanzada por Remy, en la primera hipótesis (27°,5), 7,328m,2; en la segunda (26°,5 c.), 7,314m,5; ó sea por término medio 777 metros ó 2,390 pies mas que mi medida trigonométrica. Para que el punto de ebullicion estuviese de acuerdo con esta medida, hubiera debido ser 2,25 cent. mas elevado, suponiendo que se haya llegado realmente á la cumbre del Chimborazo. Véase Poggendorff's, *Annalen*, t. C, 1857, p. 479.

(51) Pág. 395.—Rose, *Reise nach dem Ural*, t. II, p. 353 y 354.

(52) Pág. 395.—Cuando Rose ponia en órden las ricas colecciones sicilianas de Hoffmann, en el gabinete mineralógico de Berlin (1833), se convenció y convenció á sus amigos de que los traquitos del Etna contienen labrador. En su Memoria sobre las rocas llamadas grunstein y grunstein-pórfiro (Poggendorff's *Annalen*, t. XXXIV, 1835, p. 29), menciona las lavas del Etna, que presentan augita y labrador. Véase tambien el magnífico trabajo de Abich sobre toda la familia de los feldespatos (1840), en Poggendorfs's *Annalen* (t. IV, p. 347). Buch cita la roca del Etna como análoga á la dolerita de la formacion basáltica (Poggendorff's *Annalen*, t. 37, 1836, p. 188).

(53) Pág. 395.—Sartorius de Waltershausen, que estudia desde hace muchos años y con gran asiduidad los traquitos del Etna, observa que el anfibol pertenece principalmente á las masas mas antiguas, es decir, á los filones de grunstein del *Val del Bove*, y á los traquitos blancos y rojizos que constituyen la base del Etna, en la *Sierra Giannicola*. Hállanse en este lugar anfibol negro y augita clara. Los torrentes recientes de lava, á partir de 1669, y principalmente los de 1787, 1809, 1811, 1819, 1832, 1838 y 1842, ofrecen augita, pero no anfibol. Esta roca parece formarse por la influencia de un enfriamiento mas lento (Waltershausen, *über die vulcanischen Gesteine von Sicilien und Island*, 1853, p. 111-114). En los traquitos augíticos de la cordillera de los Andes, pertenecientes á la 4.ª division, he encontrado al lado de augitas abundantes, ya una carencia completa de augita, ya, como en el Cotopaxi, á la altura de 13,200 pies, y en el Rucu-Pichincha á 14,360 algunos raros cristales negros y distintos de anfibol.

(54) Pág. 395.—V. Pilla, en las *Mem. de la Academia de Ciencias*, t. 20, 1845, p. 324. Pilla halló en la Rocca Monfina la superficie de los cristales de leucita cubierta de sérpulas, lo cual indicaria una formacion submarina

Digitized by Google

volcánica. Sobre la leucita del Eifel en el traquito del Burgberg, cerca de Rieden; sobre la de Albano, del lago Bracciano y de Borghetto, al N. de Roma, véase *Cosmos*, t. IV, p. 210. En el centro de los grandes cristales de leucita, encontró Buch casi siempre el fragmento de un cristal de augita alrededor del cual estaba formada la cristalizacion de la leucita, «lo que es muy estraño, dice, segun se ha demostrado ya, atendida la gran fusibilidad de la augita y la no fusibilidad de la leucita. Con mayor frecuencia aun trozos de la pasta misma de la leucita-pórfiro están encerrados como núcleos.» La olivina se halla al mismo tiempo en las lavas, como por ejemplo, en las cavidades de la obsidiana, de que he traido muestras de mi viaje á América, recogidas en el *Cerro del Jacal*, y en la roca de hiperstenes de Elfdalen (Berzelius, 6ter *Jahresbericht*, 1827, p. 302), que se tomaron mucho tiempo por sienita. El oligoclase ofrece un contraste análogo; esta roca, con efecto, existe á la vez en los traquitos de volcanes aun activos, por ejemplo, en el pico de Tenerife y en el Cotopaxi, y entre el granito y el granitito de Schreibersan y de Warmbrunn, en el Riesengebirge de la Silesia (véase sobre las rocas pertenecientes al grupo de los granitos, Rose, en la *Zeitschrift der deutschen geolog. Gesellschaft zu Berlin*, t. I, p. 364). No sucede lo mismo en la leucita de las rocas plutónicas. La afirmacion de que se encuentra la leucita diseminada en el esquisto micáceo y en el gneis de los Pirineos, cerca de Gavarnie, afirmacion que tambien hace Haüy, se ha reputado errónea despues de los estudios de Dufrénoy en en los lugares mismos y por muchos años. (*Tratado de Mineralogia*, t. III, p. 399).

(55) Pág. 397—En el viaje geognóstico que verifiqué en 1795 por el Mediodia de la Franconia, el O. de la Suiza y el N. de Italia, llegué á persuadirme de que el calizo jurásico, asimilado por Werner á su calizo conchillar, es una formacion especial. Mi escrito sobre los gases subterráneos, publicado durante mi estancia en la América del Sur por mi hermano Guillermo de Humboldt (1799), contiene la primera mencion de este yacimiento, que designé provisionalmente con el nombre de calcáreo jurásico (p. 39). Esta nueva formacion fue inmediatamente adoptada en las Tablas mineralógicas del Consejero superior de minas, Karsten (1800 p. VII y 64), muy conocidas en esta época. Ninguna de las petrificaciones que caracterizan la formacion jurásica, y que dieron á Buch (1839) ocasion de prestar á la ciencia señalados servicios, nombraba yo; igualmente me engañaba en la edad que atribuia á la formacion jurásica; creyéndola anterior al calizo conchillar, por la proximidad de los Alpes, que se suponen mas antiguos que el Zechstein. En los primeros cuadros de Dukland sobre la *Superposition of Strata in the British Islands*, el *Jura Limestone* de Humboldt está colocado en la clase del *Upper Oolite*. Véase

Digitized by Google

mi *Ensayo geognóstico sobre el Yacimiento de las Rocas*, 1823, p. 281.

(56) Pág. 398.—El nombre de andesita se halla impreso por primera vez en una Memoria leida por Buch á la Academia de Berlin, el 26 de marzo de 1835. Este gran geognosta limita la denominacion de *traquito* á las rocas que contienen feldespato vítreo, y se espresa en los términos siguientes en otra Memoria leida igualmente en el mes de Marzo de 1835, pero que no se imprimió hasta 1836 (Poggend., *Annalen*, 37, p. 188-190): «Los descubrimientos de Rose sobre el feldespato han ilustrado sobremanera la teoría de los volcanes y toda la Geognosia; las rocas volcánicas han ganado con presentarse bajo un aspecto enteramente inesperado. Despues de las repetidas y cuidadosas investigaciones practicadas en los alrededores de Catana y el Etna, nos hemos convencido, Beaumont y yo, de que el feldespato falta completamente en el Etna, como el traquito. Todas las corrientes de lavas y todas las capas interiores se componen de una mezcla de augita y labrador. Cuando al feldespato reemplaza la albita, se manifiesta tambien una diferencia importante en las rocas de los volcanes, produciéndose entonces una nueva roca que no puede llamarse ya traquito. Segun las actuales investigaciones de Rose, casi es dable asegurar que ningun volcan de la cordillera de los Andes se compone de traquito, aunque todos contienen albita en su masa constitutiva. Esta afirmacion parece aventurada á primera vista; pero pierde este carácter, cuando consideramos que solo el viaje de Humboldt nos ha hecho ya conocer casi la mitad de dichos volcanes y de sus productos aquende y allende el Ecuador. Conocemos tambien por Meyen, la roca rica en albita de la Bolivia y de Chile setentrional; y podemos seguir esta roca, merced á Pœppig, hasta la frontera mas meridional de Chile, volviéndose á hallar con Erman en los volcanes del Kamtschatca. Su predominio marcado en estension tan vasta parece justificar el nombre de andesita, con que se ha designado ya muchas veces esta mezcla de albita en gran cantidad con algo de anfibol. Casi en la misma época Buch ha ido aun mas lejos en las adiciones con que ha enriquecido tan admirablemente la edicion francesa de su obra sobre las islas Canarias. Juzga Buch que los volcanes del Pichincha, del Cotopaxi, del Tungurahua y del Chimborazo se componen de andesita, y que los volcanes mejicanos, por el contrario, son verdaderos traquitos que presentan sanidina (*Descripcion física de las islas Canarias*, 1836, p. 486, 487, 490 y 515). La clasificacion litológica de los volcanes de Méjico y de los Andes, que antes he dado, demuestra que es imposible admitir científicamente semejante uniformidad de constitucion mineralógica, ni la denominacion general para una gran comarca. Despues que Buch pronunció por primera vez en los *Annalen* de Poggendorff el nombre de andesita que tanta confusion ha ocasionado, no he debido emplearlo las dos

Digitized by Google

veces que lo hice, ya en 1836, en la narracion de mi ascension al Chimborazo (Schuhmacher's *Jahrbuch für*, 1837, p. 204 y 205; véanse tambien mis *Misceláneas de Física general y de Geología*, t. I, p. 182); y en 1837, en una Memoria sobre la meseta de Quito (Poggendorff's, *Annalen*, t. XL, p. 165). Oponiéndome fuertemente desde esta época á la pretension de mi antiguo amigo, tocante á la constitucion homogénea de los volcanes de los Andes, decia yo: «los recientes descubrimientos han enseñado que las diferentes zonas no presentan siempre la misma composicion mineralógica, esto es, que la mezcla no está siempre formada de las mismas partes. Unas veces traquitos propiamente dichos caracterizados por el feldespato vítreo, como el Pico de Tenerife y el Siebengebirge de Bonn, en los que la albita se mezcla en pequeña cantidad al feldespato, traquitos feldespáticos que, en su cualidad de volcanes activos, producen frecuentemente obsidiana y piedra pomez; otras veces son melafiros ó una mezcla dolerítica de labrador y de augita, que se aproxima mas á la formacion basáltica, como el Etna, el Stromboli y el Chimborazo. En ocasiones tambien la albita predomina con el anfibol, como en lo que se ha convenido en llamar recientemente andesitas de Chile, como en las magníficas columnas de Pisoja, cerca de Popayan, descritas con el nombre de pórfiro diorítico, como al pie del volcan de Puraz ó en el volcan mejicano del Jorullo; ya finalmente son leucitofiros, mezclas de leucito y de augita, como en la Somma, antigua pared del cráter de levantamiento del Vesubio.» Por una falsa interpretacion de este pasaje, que muestra numerosas huellas del imperfecto estado de la ciencia en aquella época, se atribuye, por ejemplo, al Pico de Tenerife feldespato en vez de oligoclase, al Chimborazo labrador, al volcan de Toluca albita, y el ingenioso Abich, químico y geognosta (Poggendorff's, *Annalen*, t. 51, 1840, p. 523), me hace responsable de la invencion de la palabra andesita para designar una especie de roca traquítica muy estendida y rica en albita. Abich ha dado el nombre de andesina á una especie nueva y algo problemática de feldespato, que analizó antes que nadie, en consideracion á la roca de Marmato, cerca de Popayan, en que se reconoció dicha especie la primera vez. La andesina (pseudo-albita, sacada de la andesita), deberia segun esto colocarse entre el labrador y el oligoclase. A la temperatura de 15° R., es su peso específico de 2,733; el de la andesita, en que ha sido hallada la andesina, es de 3,593. Rose ha puesto en duda, como mas tarde Deville (*Estudios de Litología*, p. 30), la existencia de la andesina como especie independiente, que no descansa, con efecto, mas que en un solo análisis de Abich, y porque el practicado en el laboratorio de Rose por Francis (Poggendorff's, *Annalen*, t. LII, 1841, p. 472) de la parte feldespática contenida en el hermoso pórfiro diorítico que traje de Pisoja, cerca de Popayan, indica una gran analogía con la andesina de Marmato, analizada por Abich, aunque revela sin embargo di-

Digitized by Google

ferente composicion. La pretendida andesina de la sienita de los Vosgos que se halla en la cima de Servance y en Coravillers, cuyo análisis ha dado Delesse, es aun mucho menos segura. V, Rose, en la *Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft, für* 1849, p. 369. No deja de tener importancia notar aquí que el nombre de andesina, citado por Abich como el de un mineral simple, se halla por primera vez en su interesante Memoria, titulada *Beitrag zur Kenntniss des Feldspaths*, (Poggendorff's, *Annalen*, t. L, p. 125 y 341; t. LI, p. 519), de donde resulta que este nombre fue introducido en 1840, es decir, cinco años por lo menos despues de la denominacion dada á la andesita y no antes, como se ha dicho algunas veces erróneamente. Posible es que las formaciones de Chile, ricas en albita, que Darwin llama con tanta frecuencia *andesitic granite* y *andesitic porphyre* (*Geological Observations on South América*, 1846, p. 174), contengan tambien oligoclase. Rose, cuya obra *über die Nomenclatur der mit dem Grünstein und Grünsteinporphyr verwandten Gebirgsarten*, se ha publicado en el mismo año de 1835 en que Buch empleó el nombre de andesita (Poggendorff's, *Annalen*, t. XXXIV, p. 1-30), jamás usó ni en este tratado ni en otro alguno dicha denominacion. La definicion de esta roca segun la naturaleza, bien conocida hoy, de las partes que la componen, no da albita y anfibol, sino, á lo menos en las cordilleras de la América del Sud, oligoclase y augita. El mito ya envejecido de la andesita que he esplicado quizá demasiado detalladamente, nos prueba de nuevo, como tantos otros ejemplos tomados de la historia del conocimiento del globo, que afirmaciones erróneas ó ligeras, y especialmente la tendencia á confundir las variedades con la especie, prestan frecuentemente á las ciencias descriptivas gran servicio, provocando observaciones mas exactas.

(57) Pág. 398.—Abich tiene descritos desde 1840 (*über die Natur und die Zusammensetzung der Vulkan Bildungen*, p. 46) traquitos-oligoclases recogidos en la cima del Kasbegk y en una parte del Ararat. Tambien Rose ha hecho observar prudentemente (Poggendorff's, *Annalen*, t. XXXIV, p. 30) «que hasta allí no estimó en sus determinaciones ni el oligoclase ni el periclino, que sin embargo entraban probablemente en la composicion de los traquitos.» La opinion, en otro tiempo tan esparcida, de que cierto predominio de la augita ó del anfibol permitia deducir una especie determinada en el grupo de los feldespatos: el ortoclase vítreo (sanidina), del labrador ó el oligoclase, parece considerablemente debilitada con la comparacion de las rocas del Chimborazo y del Toluca, es decir, de traquitos de la tercera y de la cuarta division. El anfibol y la augita se hallan tambien abundantemente en la formacion basáltica, cosa que jamás sucede en los traquitos, aunque yo encontré cristales de augita, muy diseminados, en la roca del Toluca, y algunos de anfibol

Digitized by Google

en varias partes de las rocas del Chimborazo, del Pichincha, del Puraz y de Tenerife. Las olivinas, que pocas veces faltan en los basaltos, son tan raras en los traquitos como en los fonolitos, aunque vemos formarse olivina en abundancia en corrientes de lavas, al lado de las augitas, en ambas ocasiones. La mica es rara generalmente en los basaltos, aunque aparezca con profusion en algunas cumbres traquíticas del Mittelgebirge de la Bohemia, cuya primera descripcion hemos dado Reuss, Freiesleben y yo. El aislamiento de ciertos minerales y las leyes de su asociacion específica dependen probablemente de muchas causas desconocidas hasta el presente, que obran sobre la presion, la temperatura, la fluidez y rapidez del enfriamiento. Pero estas diferencias específicas de asociacion son de gran importancia en las rocas de mezcla y en las masas de los filones. Es necesario no confundir, en las descripciones geognósticas que hayan podido hacerse en medio de la naturaleza libre y en presencia de los objetos, el elemento predominante ó que casi nunca falta, con aquellas partes que no se muestran sino en pequeña cantidad y como al acaso. La variedad que se manifiesta en los elementos de una roca compuesta, por ejemplo en los traquitos, se reproduce, como ya he dicho, en las mismas rocas. Hay en los continentes vastos paises donde las formaciones traquítica y basáltica se escluyen mútuamente, como los basaltos y los fonolitos; otros, donde los basaltos y los traquitos alternan en cortos intervalos. (V. Jenzsch, *Monographie der bohmischen Phonolithe*, 1856, p. 1-7.)

(58) Pág. 399.—V. Bischof, *Chemische und physikalische Geologie*, t. II, 1851, p. 2288 y 2297. Véase tambien Roth, *Monagrafia de los Vesubios*, 1857, p. 305.

(59) Pág. 400.—*Cosmos*, t. IV, p. 292.

(60) Pág. 400.—Casi inútil es indicar aquí que si se dice que tal ó cual roca *falta*, esto significa que vanamente se ha buscado en un número suficiente de volcanes de un territorio considerable. Yo distingo las rocas que *faltan*, es decir, aquellas con que no se ha podido dar, las que se *encuentran raramente* y las que se *hallan con frecuencia*, aunque no sea su presencia signo necesario y característico.

(61) Pág. 400.—Oeynhausen, *Erklärung der geognostichen Karte des Laacher Sees*, 1847, p. 38.

(62) Pág. 400.—Kœhler y Hofmann, *Bergmännisches Journal*, 5.° año, t. I, 1792, p. 244, 251 y 265. El basalto rico en mica, tal como el que se halla en la cima de Gamay en el Mittelgebirge, es una rareza. He visitado esta parte de las montañas de Bohemia en 1792, con Freiesleben,

Digitized by Google

que mas tarde me acompañó á Suiza, y ejerció gran influencia en mi educacion geognóstica y mineralógica. Bischof pone en duda toda produccion pirogénica de la mica, y cree que esta sustancia aparece metamórficamente por la via húmeda, véase su *Lehrbuch der chemisch. und physikal Geologie*, t. II, p. 1426 y 1439.

(63) Pág. 400.—Jenzsch, *Beiträge zur Kenntniss der Phonolithe*, en las *Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft*, t. VIII, 1856, p. 36.

(64) Pág. 400.—Rose, *über die zur Granitgruppe gehörigen Gebirgsarten*, en el mismo Diario, t. I, 1849, p. 359.

(65) Pág. 401.—Los pórfiros de Moran, de Real del Monte y de Regla, célebre por la riqueza de las minas de plata de la *Veta Vizcaina*, y por la proximidad de las obsidianas y de las perlitas del *Cerro del Jacal* y del *Cerro de las Navajas*, están casi completamente desprovistos de cuarzo, como la mayor parte de los pórfiros metalíferos de América. Puede consultarse sobre estos fenómenos y los completamente análogos que presenta la Hungría, Humboldt, *Ensago geognóstico sobre el yacimiento de las rocas*, p. 179-188 y 190-193; pero los pórfiros de Acaguisotla, en el camino de Acapulco á Chilpanzingo, como los de Villalpando, al N. de Guanaxuato, que se hallan veteados de filones auríferos, contienen, á la vez que sanidina, granos de cuarzo oscuro. En las rocas volcánicas del *Cerro de las Navajas* y del *Valle de Santiago*, rico en basalto y en perlita, que se atraviesan para ir de Valladolid al volcan del Jorullo, apenas se ven granos de obsidiana y de feldespato vítreo, encerrados en la pasta. En setiembre de 1803 me sorprendió mucho encontrar entre Capula y Pazcuaro, especialmente cerca de Yurisapundaro, llenos todos los hormigueros de granos brillantes de obsidiana y sanidina (véase *Nivelacion barométrica*, página 327, n.° 366, y *Ensayo geognóstico sobre el yacimiento de las rocas*, página 356), costándome trabajo comprender cómo insectos tan pequeños podrian llevar aquellos minerales desde tan lejos. Con placer he visto que Marcou, esplorador intrépido, ha observado un hecho completamente análogo. »Existe, dice, en las altas mesetas de las Montañas Roquizas, sobre todo en los alrededores del fuerte Desconfianza (al O. del Monte-Taylor), una especie de hormigas que, en lugar de servirse de madera y restos de vejetales para fabricar su casa, no emplea mas que piedrecitas del grueso de un grano de maiz. Su instinto la lleva á escoger los fragmentos de las piedras mas brillantes: así el hormiguero está con frecuencia lleno de granates trasparentes magníficos y granos de cuarzo muy límpidos » (*Resúmen esplicativo de un Mapa geográfico de los Estados-Unidos*, 1855, p. 3.)

El feldespato vítreo apenas se encuentra en las lavas recientes del Vesubio; no sucede lo mismo en las lavas antiguas, por ejemplo en las

Digitized by Google

que produjo la erupcion de 1631, donde esta roca existe al lado de cristales de leucita. A menudo tambien el torrente de lava que arrojó en 1631 el Arso de Cremata, en la isla de Ischia, y que no debe confundirse con el situado cerca de Montagnone y de Rotaro, descrito por Strabon contiene gran cantidad de sanidina sin vestigio de leucita. El feldespato vítreo es asimismo raro en los traquitos del Cotopaxi, ó de los demás volcanes de las Cordilleras, y en las canteras subterráneas de piedra pomez que hay al pie del Cotopaxi. Los minerales que encierran estas canteras, considerados en otro tiempo como sanidina, son cristales de oligoclase.

(66) Pág. 401.—Roth, *Monografía de los Vesuvios*, p. 267 y 382.

(67(Pág. 402.—Rose, *Reise nach dem Ural*, t. II, p. 369; Bischof *Chemische und Physik. Geologie*, t. II, p. 528-571.

(68) Pág. 402.—Gilbert's *Annalen der Physik*, t. VI. 1800, p. 53 Bischof, *Geologie*, t. II, p. 2,265-2,303.

(69) Pág. 403.—Las lavas recientes del Vesubio no contienen ni olivina ni feldespato vítreo (Roth, *Monografía de los Vesubios*, p. 139). El torrente de lava que salió del Pico de Tenerife en 1704, descrito por Viera y Glas, es, segun Buch, el único que presenta olivina (*Descripcion de las islas Canarias*, p. 207), pero yo he combatido en otra parte (*Exámen crítico de la história de la Geografía*, t. III, p, 143-146) la afirmacion de que la erupcion de 1704 haya sido la primera desde la conquista de las islas Canarias á fin del siglo XIV. Cristóbal Colon, cuando fue á visitar en su primer viaje á Doña Beatriz de Bobadilla, á la *Gran Canaria*, vió, durante las noches del 21 al 25 de agosto, la erupcion ígnea de Tenerife, Leése en el Diario del Almirante, *jueves* 9 *de agosto*, que comprende notas hasta el 2 de setiembre, lo siguiente: «Vieron salir gran fuego de la sierra de Isla de Tenerife, que es muy alta en gran manera» (Navarrete, *Colec. de los Viajes de los Españoles*, t. I, p. 5). No debe confundirse á la señora que acabamos de citar con Doña Beatriz Henriquez de Córdova, madre natural del sábio Don Fernando Colon, historiador de su padre, cuyo embarazo contribuyó tanto, en 1848, á retener á Colon en España, y fue causa de que el Nuevo Mundo se descubriera bajo los auspicios del reino de Castilla y de Leon, en vez de serlo por el de Portugal, Francia ó Inglaterra (véase mi *Exámen crítico*, etc., t. III, p. 350 y 367).

(70) Pág. 403.—*Cosmos*, t. IV, p. 209.

(71) Pág. 403.—Una parte importante de las rocas recogidas durante mi espedicion á América ha sido enviada al gabinete mineralógico de

Digitized by Google

Madrid, á Toscana, Inglaterra y Francia. No hablo de las colecciones geológicas y botánicas que han permanecido en poder de mi noble amigo y colaborador Bonpland, que las posee con el doble título, de haber descubierto y reunido sus elementos. Esta division de las colecciones, que no escluye la reunion en grupos bajo el punto de vista geográfico, cuando se tiene cuidado de indicar la procedencia de cada objeto, permite someter los minerales cuya asociacion habitual caracteriza las rocas, á los análisis mas variados y rigorosos.

(72) Pág. 403.—Humboldt, *Miscelaneas* etc., t. I, p. 157.

(73) Pág. 403.—*Id.*, p. 214, et *Cosmos*, t. IV, p. 284.

(74) Pág. 493.—Igualmente hallé mucha olivina en Méjico, en el *Tezontle del Cerro de Axusco*, formada de lava celular ó de amigdaloide basáltica. *Tetzontle*, en Méjico *tetzontli*, quiere decir *cabello de piedra* (de *etl*, piedra, y *tzontli*, cabello).

(75) Pág. 403.—Sartorius de Waltershausen, *Physischgeographische Skizze von Island*, p. 64.

(76) Pág. 404.—Berzelius, 6ter *Jahresbericht*, 1827, p. 392, Rose, en Poggend. *Annalen*, t. VVVIV, 1835, p. 14.

(77) Pág. 404.—Jenzsch, *Fonolito*, 1856, p. 37. y Senft, en la importante obra titulada *Classification der Felsarten*, 1857, p. 187. Segun Scaechi, la olivina se encuentra tambien con la mica y la augita, en los pedruscos calizos de la Somma. Llamo á estas notables masas *pedruscos arrojados*, y no lava; la Somma no vomitó jamás lavas.

(78) Pág. 404.—Poggend. *Annalen*, t. XLIX, 1840, p. 591. y t. LXXXIV, p. 302: Daubrée, en los *Anales de las Minas*, 4.ª série, t. XIX, 1851, p. 669.

(79) Pág. 404.—*Cosmos*, t. I, p. 116.

(80) Pág. 404.—*Id.*, t. I, p. 427 (note 90).

(81) Pág. 404.—Humboldt, *Viaje á las Regiones equinociales*, en 4° t. I, p. 156-165.

(82) Pág. 405.—*Cosmos*, t. IV, p. 395.

(83) Pág. 405.—Scacchi *Osservazioni critiche sulla maniera come fu sepellita l'antica Pompei*, 1843, p. 10, Contra la opinion de Carmine Lippi, sostenida mas tarde por Tondi, Tenore, Pilla y Dufrenoy, de que Pompeya y Herculano no cayeron bajo las cenizas y rapilis directamente

Digitized by Google

procedentes de la Somma, y de que su desaparicion se debió á la accion de las corrientes de agua, puede consultarse Roth, *Monogr. delos Vesubios*, 1857, p. 458.

(84) Pág. 406.—*Nivelacion barométrica*, en Humboldt, *Observc. astronom.*, t. I, p, 305, nº 149.

(85) Pág. 406.—*Cosmos*, t. IV. 298.

(86) Pág. 406.—Sobre las colinas de piedra pomez de Tollo, situadas á dos jornadas del volcan activo de Maypu, que jamás arroja piedra pomez, véase Meyen, *Reise um die Erde*, t. I, p. 338 y 358.

(87) Pág. 406.—Pöppig, *Reise in Chili und Peru*, t. I, p. 426.

(88) Pág. 406.—*Cosmos*, t. IV, p. 342.

(89) Pág. 407.—Junghuhn, *Java*, t. II, p. 388 y 592.

(90) Pág. 407.—Buch, en los *Abhandlungen der Wissenschaften zu Berlin für* 1812-1813 (Berlin, 1816), p. 128.

(91) Pág. 407.—Esto es lo que dice Teofrasto, respecto de la piedra de Lipari λιπαραῖος (*de Lapidibus*, § § 14 y 15, t. I. p. 689, t. II, p. 426 y t. IV, p. 551, de la edicion publicada por Schneider, 1818).

(92) Pág. 408.—Rammelsberg, en Poggend. *Annalen*, t. LXXX, 1850, p. 464, y *Chemisches Handwörterbuch*, 4º supplém., p. 168; v. tambien Bischof, *Geologia*, t. II, p. 2,224, 2,232 y 2,280.

(93) Pág. 409.
Sobre las particularidades que puede ofrecer la distribucion geográfica de las piedras pomez y de las obsidianas en la zona tropical del Nuevo Continente, véase Humboldt, *Ensayo geográfico sobre el yacimiento de las Rocas*, 1823, p. 340-342 y 344-347.

Digitized by Google

OBSERVACIONES COMPLEMENTARIAS

DEL TOMO IV.

(*a*) Conviene añadir á lo dicho en la pág. 70 de este tomo, lo que sigue:

Arago ha dejado un tesoro de observaciones magnéticas (mas de 52,600) que comprenden los años 1818-1835, que laboriosamente redactadas por Thoman, se han publicado en las *Obras completas de Arago* (tomo IV, p. 498).

En la série de las observaciones de 1721 á 1830, el general Sabine (*Meteorological Essays*, Londres, 1855 p. 355) ha encontrado la mas completa confirmacion del periodo decenal de la declinacion magnética, y reconocido la relacion de este periodo con otro de igual duracion, que se refiere á la abundancia ó rareza de las manchas solares. Ya en 1850, cuando Schwabe indicaba en Dessau los periodos de las manchas del Sol, dos años antes de haber declarado por primera vez (marzo de 1852) que el periodo decenal de la declinacion magnética depende de las manchas solares (Véase *Philos. Transact. for* 1852, 1.ª parte, p. 116-121). Sabine halló el importante descubrimiento de que el Sol obra sobre el magnetismo terrestre por la fuerza magnética inherente á su masa. Tenia observado (*Philos Transact. for* 1850, t. I, p. 216; *Cosmos*, t. IV, p. 125) que la intensidad magnética alcanza su máximun y que la aguja imantada se acerca mas á la vertical, cuando la Tierra está mas próxima al Sol. El descubrimiento de dicha influencia, ejercida por el cuerpo central de nuestro sistema planetario, que obra en tal caso, no como productor de calor, sino en virtud de la fuerza magnetica que le es propia, como por las variaciones de la fotósfera, ó sea por los cambios en la magnitud y frecuencia de las aberturas de forma de embudo que presenta la envuelta luminosa del Sol, presta interés mas general y elevado al estudio del magnetismo terrestre y al de la red de observatorios magnéticos que cubren la Rusia y el Asia del Norte, desde los decretos de 1829, y las colonias británicas de 1840 á 1850. Véase *Cosmos*, t. I, p. 171; t. IV, p. 65, 68.
Sabine, en *Proceedings of the Royal Society*, t. VIII, n.º 25, p. 400, y en *Philos. Transact. for* 1856, p. 362).

(*b*) Debemos añadir á lo dicho en la pág. 77 las siguientes observaciones:

Aunque, relativamente al Sol, la proximidad de la Luna no com-

Digitized by Google

pense la pequeñez de su masa, sin embargo, la variacion comprobada de la declinacion magnética en el curso de un dia lunar (lunar-diurnal magnetic variation) es una razon para vigilar constantemente las influencias magnéticas del satélite de la Tierra (véase Sabine, en *Report to the British Association at Liverpool*, 1854, p. 11, y para Hobarton, en *Philos. Transact. for* 1857, art. I, p. 6). Kreil prosiguió este estudio con gran celo de 1839 á 1852 (véase su tratado *über den Einfluss des Mondes auf die horizontale Componente der magnetischen Erdkraft*, en *Denkschriften der Wiener Akademie der Wissensch.* (*Mathem., naturwissensch. Classe*), t. V, 1853, p. 45, y *Philos. Transact. for* 1856, art XXII).

Como las observaciones de Kreil, por muchos años continuadas en Milan y en Praga, confirmaban la opinion de que la influencia de la Luna produce como las manchas del Sol un periodo decenal de declinacion, el general Sabine fundándose en esta consideracion se decidió á emprender un gran trabajo sobre dicha materia. Por el halló que la sola influencia del Sol origina un periodo decenal, que, comprobado ya para Toronto, por la aplicacion de una fórmula de cálculo particular y muy exacto, ha llegado igualmente á manifestarse (*Philos. Transact. for* 1856, p. 361), despues de innumerables observaciones horarias hechas en Hobarton, desde el mes de enero de 1841 hasta diciembre de 1848. Asi pues, en los dos hemisferios del Norte y del Sud, ha dado el mismo resultado la influencia del Sol, pero se ha adquirido al mismo tiempo la certeza «that the lunar diurnal variation corresponding to different years shows no conformity to the inequality manifested in those of the solardiurnal variation. The earth's inductive action, reflected from the moon, must be of a very little amount» (Sabine, en *Philos. Transact. for* 1857, art. I, p. 7, y en *Proceedings of the Royal Society*, t. VIII, n.° 20, p. 403). Como hace cerca de tres años que ha sido impresa, añadia Humboldt algun tiempo antes de morir, la parte magnética de este tomo, he creido necesario completar con ciertas adiciones una rama de la ciencia que ha sido objeto para mí de largos estudios.

Digitized by Google

CUADRO ANALITICO DE LAS MATERIAS

CONTENIDAS

EN LOS CUATRO TOMOS DEL COSMOS.

NOTA Entiéndase que las llamadas á las páginas se completan por las llamadas de esas páginas á las notas.

TOMO PRIMERO.

INTRODUCCION.

CONSIDERACIONES SOBRE LOS DIFERENTES GRADOS DE GOCE QUE OFRECE EL ASPECTO DE LA NATURALEZA Y EL ESTUDIO DE SUS LEYES.—El conjunto de los fenómenos es el mas elevado objeto de las observaciones sobre la Naturaleza.—La Naturaleza racionalmente considerada es la unidad en la variedad.—Diferentes grados en el goce de la Naturaleza.—Influencia del *aire libre*, independientemente del carácter propio de cada region.—Efectos que produce la configuracion individual del suelo y el aspecto de los vejetales. Recuerdo de las Cordilleras y del volcan de Tenerife. Atractivo particular de las regiones montañosas del ecuador, en donde es dable al hombre contemplar á un mismo tiempo todos los astros del cielo y todas las formas vejetales, p. 1-12.—Sentimiento que nos lleva á investigar las causas de los fenómenos físicos.—Falsas ideas sobre la esencia de las fuerzas naturales, debidas á la insuficiencia de las observaciones y á una induccion poco rigurosa.—Preocupaciones físicas legadas por cada siglo, al siguiente.—Temor de que la Naturaleza pierda algo de su misterioso encanto á los ojos de los que penetran en el mecanismo de sus fuerzas. Superioridad de las ideas generales que dan á la ciencia un carácter mas elevado é imponente. Distincion de lo general y de lo particular. Ejemplos tomados de la Astronomía, de los recientes descubrimientos ópticos, de la física de la Tierra y de la geografía de las plantas.

Digitized by Google

La descripcion física del Mundo es un estudio á todos accesible; p. 13-33.—Abuso de la ciencia popular, y distincion entre una descripcion del Mundo y una enciclopedia de las ciencias naturales. Influencia de este estudio en la riqueza nacional y el bienestar de los pueblos; aunque sea su objeto principal, no obstante, engrandecer y fecundar la inteligencia. Método de esposicion propio de la descripcion del Mundo; íntima alianza entre el pensamiento y el lenguaje, p. 33-38.

CONTINUACION DE LA INTRODUCCION.

LÍMITES Y MÉTODOS DE ESPOSICION DE LA DESCRIPCION FÍSICA DEL MUNDO.—Cuestiones que comprende la ciencia del Cosmos, ó la descripcion física del Mundo, p. 39-46.—La parte sideral del Cosmos menos compleja que la parte terrestre; la imposibilidad de percibir la heterogeneidad de los cuerpos celestes simplifica el mecanismo de los cielos.—Significacion primitiva de la palabra Cosmos (*adorno y órden del mundo*). No se puede separar el estado actual de las cosas de sus fases sucesivas si há de comprenderse la Naturaleza. *Historia del Mundo y descripcion del Mundo*, p. 46-55.—Esfuerzos hechos para reducir la infinita variedad de los fenómenos á la unidad de un principio y á la evidencia de las verdades racionales.—En todos los tiempos á la observacion exacta de los hechos ha precedido la filosofía de la Naturaleza, un esfuerzo natural de la razon, aunque á veces mal dirigido.—Dos formas de abstracciones dominan el conjunto de nuestros conocimientos: relaciones de cantidad referentes á las ideas de número ó de magnitud, y relaciones de cualidad que abrazan las propiedades específicas de la materia.—Medio de someter los fenómenos al cálculo. Construcciones mecánicas de la materia: átomos y moléculas; hipótesis de las materias imponderables y de las fuerzas vitales propias de cada organismo.—Los resultados de la observacion y de la esperimentacion, fecundados por la induccion y la analogía, llevan al descubrimiento de las *leyes empíricas*. Simplificacion y generalizacion progresiva de estas leyes.—Necesidad de ordenar los materiales segun racionales combinaciones. El mundo de las ideas no es un mundo de fantasmas; la filosofía no pretende destruir las riquezas acumuladas, en el trascurso de muchos siglos, y por tantas observaciones laboriosas, p. 55-62.

PRIMERA PARTE.

EL CIELO.

Un cuadro de la Naturaleza abarca la universalidad de las cosas en las dos esferas del Cielo y de la Tierra.—Método que conviene á este

Digitized by Google

asunto.—Orden que debe seguirse en la esposicion.—Relacion de los fenómenos entre sí.—La *determinacion numérica de los valores medios* es el resultado final que debemos proponernos, respecto de todos los cambios producidos en el espacio.—Desempeñando un papel muy principal en la creacion los espacios celestes, son el punto de partida natural de una descripcion del Mundo, en la cual no han de tomarse por guia ni el interés humano ni las conveniencias de proximidad. Distribucion de la materia en el espacio, ya esté condensada en globos de muy diferente magnitud y densidad, animados de un doble movimiento de rotacion y de traslacion, ya diseminada en nebulosidades fosforescentes. Encadenamiento de los diversos fenómenos de la Naturaleza, p. 63-70.

Contenido de los espacios celestes —Formas várias de las nebulosas; nebulosas planetarias y estrellas nebulosas.—Aspecto pintoresco del cielo austral.—Hipótesis sobre la estructura general de los cielos. El conjunto de estrellas de que forma parte la Tierra comparado con una isla arrojada en el Oceano de los mundos. Mensura del cielo.—Estrellas dobles, que describen su órbita alrededor de un centro de gravedad comun.—Diferentes sistemas de atraccion, p. 71-78.—Complicacion de nuestro sistema solar, mucho mayor de lo que se creia á fines del último siglo; comprende 15 planetas principales, contando entre ellos á Neptuno, Astrea, Ebé é Iris; 18 lunas ó satélites, y una miriada de cometas de los cuales hay muchos interiores, es decir, que no traspasan jamás los límites del mundo planetario; y por último, un anillo que efectúa sobre sí mismo un movimiento de rotacion (la luz zodiacal), y probablemente multitud de asteroides ó piedras meteóricas.—Los planetas telescópicos Vesta, Juno, Céres, Palas, Astrea, Ebé é Iris, forman un grupo intermedio, cuyas órbitas sumamente inclinadas, mas escéntricas é íntimamente enlazadas entre sí, separan los planetas interiores Mercurio, Vénus, la Tierra y Marte, de los esteriores, Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno. Contrastes de estas regiones.—Distancias relativas de esos grupos de planetas al Sol. Diferencias en la magnitud absoluta de cada uno de los planetas, en la densidad, la duracion de su rotacion, la escentricidad y la inclinacion de sus órbitas. Infracciones de la pretendida ley de las distancias de los planetas al Sol. Los planetas mas apartados del Sol, son los que cuentan mas satélites, p. 78-84.—Relaciones de posicion de los satélites en el espacio. Límites estremos de magnitud y pequeñez. Punto mas alla del cual no pueden los satelites aproximarse á su planeta.—Movimiento inverso de los satélites de Urano. Libracion de la Luna, p. 84-88.—Cometas; núcleo y cola de los mismos. Diversa configuracion y direccion de las emanaciones gaseosas, alternativamente densas y raras, que proyectan los cometas bajo la forma conoidal. Colas múltiples opuestas al Sol. Movimiento de rotacion probablemente verificado por el cono luminoso y el cuerpo del cometa. Naturaleza de la luz de los cometas. Ocultacion de

Digitized by Google

las fijas por el núcleo de los cometas. Escentricidad y duracion de las órbitas. Puntos estremos de proximidad y alejamiento de los cometas con relacion al astro central. Paso á través del sistema de los satélites de Júpiter.—Cometas llamados de corto período, ó mejor, cometas interiores (cometas de Encke, de Biela y de Faye), p. 88-102 —Aerolitos que se mueven alrededor del Sol (piedras meteóricas, bólidos, estrellas errantes); velocidad planetaria de esos aerolitos; su magnitud, su forma, su elevacion; lluvias periódicas de estrellas errantes; lluvias del mes de noviembre y de la fiesta de San Lorenzo. Composicion química de las piedras meteóricas, p. 102-122.—Luz zodiacal. Limitada estension de la atmósfera actual del Sol, p. 123-128.—Movimiento de traslacion de todo el sistema solar, p. 128-130.—Universalidad de las leyes de la gravitacion aun fuera de nuestro sistema.—Via lactea compuesta de estrellas y su probable ruptura. Via láctea compuesta de nebulosas, que corta á la primera en ángulo recto.—Período de las estrellas dobles de dos colores.—Alfombra de estrellas; aberturas en el cielo ó regiones desprovistas de estrellas.—Acontecimientos efectuados en los espacios celestes; aparicion de estrellas nuevas.—Propagacion de la luz; simultaneidad puramente aparente de los fenómenos celestes, p. 130-140.

SEGUNDA PARTE.

LA TIERRA.

Figura de la Tierra, densidad, temperatura y tension electro magnética del globo. Investigaciones sobre el aplanamiento y la curvatura de la Tierra practicadas con auxilio de las medidas de grado, de las oscilaciones del péndulo y de las desigualdades lunares.—Densidad media de la Tierra.—Corteza del globo; ¿á qué profundidad la conocemos? p. 141-155. —Propagacion del calor en el globo terrestre; aumento contínuo de la temperatura desde la superficie hasta el centro, p. 155-160.—Magnetismo, electricidad dinámica, variaciones periódicas del magnetismo terrestre. Perturbacion en la marcha de la aguja imantada. Tempestades magnéticas. La fuerza magnética se manifiesta en la superficie de nuestro planeta por tres clases de fenómenos: líneas de igual fuerza (isodinámicas), de igual inclinacion (isoclínicas), de igual declinacion (isogonicas).—Situacion de los polos magnéticos; puede considerárseles como polos de frio.—Mobilidad en los fenómenos del magnetismo terrestre.—Vasta red de observatorios magnéticos establecidos desde 1828, p. 160-172.—Produccion de la luz en los polos magnéticos; fenómenos luminosos debidos á la actividad electro-magnética de nuestro planeta. Altura de las auroras boreales. La tempestad magnética, ¿vá siempre acompañada de ruido? Otros ejemplos de luz terrestre, p. 172-181.

Digitized by Google

Actividad vital de nuestro planeta considerada como fuente principal de los fenómenos geognósticos. Enlace entre el levantamiento de los continentes ó de las cadenas de montañas y la erupcion de los gases y de los vapores, de los lodos calientes, de las rocas ígneas ó de las lavas en fusion que se trasforman en rocas cristalizadas.—La vulcanicidad considerada en su mas lata estension es la reaccion que el interior de un planeta ejerce contra sus capas esteriores. Circunscripcion y aumento sucesivo de los círculos de conmocion.—Las sacudidas volcánicas ¿están en relacion con las variaciones del magnetismo terrestre y los fenómenos atmosféricos? Ruidos que acompañan á los temblores de tierra. Trueno subterráneo, sin conmocion sensible.—Influencia de la estructura de las rocas sobre la propagacion de las ondas de conmocion.—Levantamientos, erupciones de agua, de vapores ardientes, de lodo, de vahos, humo y llamas durante los temblores de tierra, p. 181-195.

Exámen mas detenido de las materias producidas por la actividad interior de nuestro planeta, que se escapan del seno de la Tierra por las hendiduras y cráteres de erupcion.—Los volcanes considerados como especies de fuentes intermitentes. Temperatura de las aguas termales, su constancia y sus variaciones, p. 196-201.—Salsas ó volcanes de fango. Asi como los volcanes originan las rocas volcánicas, las fuentes termales producen, por via de depósito, capas de travertino. Produccion continua de cuarzo ó rocas sedimentarias, p. 302-203.

Diversidad de levantamientos volcánicos. Cúpulas redondeadas de traquito.—Volcanes propiamente dichos que se elevan en el centro de un cráter de levantamiento ó entre los restos que formaban primitivamente el mismo cráter.—Comunicacion permanente del interior del globo con la atmósfera. Relaciones entre la altura de los volcanes y la frecuencia de las erupciones. Altura del cono de cenizas. Particularidades de los volcanes que se alzan sobre el limite de las nieves.—Columnas de humo y de cenizas. Tempestad volcánica durante la erupcion. Composicion mineralógica de las lavas, p. 203-218.—Distribucion de los volcanes en la superficie de la Tierra; volcanes centrales y cadenas volcánicas; volcanes situados en islas ó en costas. Distancia de los volcanes á las orillas del mar. Estincion de la fuerza volcánica, p. 218-225.

Relacion de la vulcanicidad con la naturaleza de las rocas; constitucion de nuevas rocas y modificacion de las preexistentes por las fuerzas volcánicas. El estudio de los volcanes lleva de esta suerte y por un doble camino á la parte mineralógica de la Geognosia (estructura y sucesion de las capas terrestres) y á la formacion de los archipiélagos y de los continentes levantados sobre el nivel del mar (disposicion geográfica y contorno de las diferentes partes de la Tierra).—Clasificacion de las rocas, segun los fenómenos de constitucion y de modificacion que se producen todavía á nuestra vista: *rocas endógenas* ó de *erupcion* (granito, sie-

Digitized by Google

nita, pórfiro grünstein, hiperstenfels, eufótida, meláfiro, basalto y fonolito); *rocas de sedimento* (esquisto arcilloso, lechos de carbon de piedra, calcáreos, travertino y bancos de infusorios); *rocas trasformadas* ó *metamórficas*, que con algunos restos de rocas de erupcion ó de sedimento, contienen pedazos de gneis, de micasquisto y de otras masas metamórficas mas antiguas; *conglomerados* y *asperones* (rocas detríticas), p.
—Fenómenos de contacto esclarecidos por la formacion artificial de los minerales. Efectos de la presion y del enfriamiento mas ó menos rápido. Constitucion del calcáreo granular ó marmol sacaroides, trasformacion del esquisto en jaspe rayado por la silificacion; la marga calcárea cambiada por el granito en micasquisto; conversion del calcáreo en dolomia, y formacion de los granates en el esquisto arcilloso en contacto con el basalto ó la dolerita. Filones empujados de abajo arriba. Fenómenos de la cimentacion en la formacion de los conglomerados. Conglomerados producidos por el ludimiento, p. 235-248.—Edad relativa de las rocas ó cronología del globo. Capas fosilíferas.—Edad relativa de los diferentes organismos.—Gradacion fisiológica de las especies segun la superposicion de los terrenos.—Horizonte geológico por el cual puede llegarse á conclusiones ciertas sobre la identidad ó antigüedad relativa de las formaciones, sobre la repeticion de ciertas capas, su paralelismo ó su completa supresion.—Tipo de las capas sedimentarias consideradas en sus rasgos mas generales y simples; capas silúricas y devonianas, llamadas antiguamente terrenos de transicion. Trias inferior (calcáreo de montaña), terreno hulloso, nuevo asperon rojo inferior y calcáreo magnésico; trias superior (asperon abigarrado, calcáreo conchífero y keuper); calcáreo jurásico (lias y oolita); asperon macizo (creta inferior y superior, como tambien las últimas capas que comienzan en el calcáreo de montaña); formacion terciaria compuesta de tres subdivisiones caracterizadas por el calcáreo vasto, el carbon oscuro y los casquijos subapeninos.—Faunas y floras de los tiempos primitivos; sus relaciones con las especies vivas actualmente. Colosales osamentas de los mamíferos del mundo antiguo en los terrenos de trasporte.—Reino vegetal de los tiempos antiguos. Terrenos en que ciertos grupos de plantas llegan al máximum de su desarrollo (las cicádeas en el keuper y en el lias, y las coníferas en los asperones abigarrados). Lignitas ó capas de carbon oscuro. —Yacimiento y pedruscos erráticos. Dudas sobre el orígen de estas masas, p. 248-265.

La determinacion de las *épocas geológicas* lleva á estudiar la distribucion de las *masas sólidas* y *líquidas* y la configuracion de la superficie terrestre. Relacion de estension entre el elemento líquido y el sólido. Altura de los continentes debida á la erupcion del pórfiro cuarzoso.—Configuracion particular de cada gran masa en sentido *horizontal* (forma articulada de los continentes), y en el *vertical* (hipsometría de las cade-

Digitized by Google

nas de montañas).—Influencia de la estension relativa del mar y de la tierra firme en la temperatura, en la direccion de los vientos, en la abundancia ó escasez de las producciones orgánicas y el conjunto de todos los fenómenos meteorológicos.—Direccion de los ejes mayores en el antiguo y en el nuevo continente. Articulacion de las costas. Forma piramidal de las estremidades meridionales. Valle del Océano atlántico. Formas análogas en diferentes regiones, p. 265-274.—Cadenas de montañas discontínuas. Sistemas de cadenas de montañas y manera de estimar su edad relativa. Tentativa para determinar el centro de gravedad de las regiones elevadas actualmente sobre el nivel del mar. Progreso lento que hace aun hoy el levantamiento de las masas continentales; compensacion que en ciertos puntos tiene este progreso por depresiones considerables. Alternativas periódicas de actividad y de reposo reveladas por todos los fenómenos geognósticos. Es probable que se produzcan todavía nuevas rugosidades en la superficie de la Tierra, p.274-283.

Envuelta líquida y envuelta gaseosa de nuestro planeta, contrastes y analogías entre una y otra (el mar y la atmósfera) con relacion á la elasticidad y al modo de agregacion de sus moléculas, á las corrientes y á la propagacion del calor. Profundidad del mar y del Océano aéreo cuyos bajíos son las mesetas y las cadenas de montañas.—Temperatura del mar en la superficie y en las capas interiores bajo latitudes diferentes. Tendencia del mar á conservar el calor de su superficie en las capas mas próximas del aire en razon de la movilidad de sus moléculas y de las variaciones de densidad. Máximum de densidad del agua salada. Zonas en que las aguas llegan al máximum de calor y de salumbre. Influencia térmica de las corrientes polares inferiores y de las contra-corrientes que existen en los estrechos, p. 283-285.—Nivel general de los mares y perturbaciones permanentes causadas en este equilibrio por influencias locales; perturbaciones periódicas, como el flujo y el reflujo.—Corrientes pelágicas, corriente ecuatorial ó de rotacion. Corriente de aguas calientes en el Océano atlántico (Gulfstream); corriente de aguas frias en la parte oriental del Océano Pacífico.—Temperatura de los bajíos. Vida y movimiento universalmente esparcidos en el Océano; influencia de los bosques submarinos, formados por largas yerbas que crecen en los bajíos, ó por bancos flotantes de fucus, p. 286-293

Envuelta gaseosa de nuestro planeta (Océano aéreo).—Composicion química de la atmósfera, diafanidad, polarizacion, presion, temperatura, humedad y tension eléctrica.—Relaciones del oxígeno y del ázoe; ácido carbónico; gas hidrógeno; vapores amoniacales; miasmas.—Variaciones regulares ú horarias de la presion atmosférica; altura media del barómetro en la superficie del mar, en las diferentes zonas del globo. Curvas isobarométricas.—Rosas barométricas de los vientos. Ley de rotacion de los

Digitized by Google

vientos é importancia de esta ley en el conocimiento de gran número de fenómenos meteorológicos. Brisas de tierra y mar, vientos alisios y monzones, p. 293-300.—Distribucion del calor atmosférico en sus relaciones con la disposicion respectiva de las masas trasparentes ú opacas, de la tierra firme y de las aguas del mar, y con la configuracion hipsométrica de los continentes.—Flexion de las líneas isotermas paralela ó perpendicularmente al ecuador. Vértice convexo y cóncavo de las líneas isotermas.—Calor medio de los años, estaciones, meses y dias. Enumeracion de las causas que modifican la direccion de las líneas isotermas.—Líneas isoquimenas é isoteras (es decir, de iguales temperaturas en invierno y en verano).—Causas que tienden á elevar la temperatura, y causas que tienden á bajarla. Irradiacion que emana del suelo; la forma de las nubes anuncia lo que pasa en las altas regiones de la atmósfera, y dibuja en el cielo de un dia caluroso del estío la imágen proyectada del suelo de donde irradia el calórico. Contraste entre el clima de las islas ó de las costas, propio de los continentes muy articulados, cortados por golfos y divididos en penínsulas, y el clima inferior de las grandes masas de tierra. Costas orientales y occidentales. Diferencia entre el hemisferio del Norte y el del Mediodia.—Escala térmica de los diversos géneros de cultivo, desde la vainilla, el cacao y el pisang, hasta el limonero, el olivo y la viña de vino potable. La madurez de los frutos esplicada en gran parte por la distincion entre la luz difusa y la luz directa, entre un cielo sereno y un cielo cubierto de nubes.—Cuadro general de las causas que proporcionan á la mayor parte de Europa un clima mas dulce que á la península occidental de Asia, p. 300-313.—¿A qué fraccion del calor termométrico medio del año ó del estío corresponde la variacion de 1° en latitud? Relacion entre la temperatura media de una estacion, en una montaña, y la distancia al polo de un punto situado al nivel del mar.—Disminucion del calor á medida que aumenta la altura. Límite de las nieves perpétuas y oscilacion del mismo. Causas de perturbacion en la regularidad de ese fenómeno; cadenas setentrional y meridional del Himalaya, p. 313-318.—Vapores atmosféricos variables, segun las horas, las estaciones, los grados de latitud y la elevacion de las aguas. Estrema sequía observada en el Asia Septentrional entre las cuencas del Irtysch y del Obi.—Rocío producido por la irradiacion. Cantidad de lluvia anual, p. 318-320.—Electricidad de la atmósfera y perturbacion en el equilibrio de las fuerzas eléctricas. Distribucion geográfica de las tempestades. Prevision de los cambios atmosféricos; las perturbaciones climatológicas mas importantes no dependen de causas locales existentes en el lugar mismo de la observacion, sino que son efecto de un acontecimiento que ha destruido el equilibrio de las corrientes aéreas en apartadas regiones, p. 320-325.

Digitized by Google

TERCERA PARTE.

VIDA ORGANICA.

La descripcion física de la Tierra no se limita á la vida elemental é inorgánica del globo, sino que abraza la esfera de la vida orgánica y las innumerables fases de su desarrollo.—Vida animal y vegetal. Actividad vital de la Naturaleza en el mar y en la tierra; vida microscópica en los hielos de las regiones polares y en las profundidades del Océano, bajo los trópicos. Ensanche del horizonte de la vida, debido á los descubrimientos de Ehremberg.—Evaluacion de la masa de los animales y de los vegetales, p. 327-332.—Geografía de las plantas y de los animales. Emigracion de las plantas en gérmen, por medio de órganos que las ponen en aptitud de vagar por la atmósfera. Círculo de emigracion, teniendo en cuenta las relaciones climatológicas. Plantas y animales que viven en compañía ó aislados. El carácter de las Floras ó de las Faunas depende menos de la superioridad numérica de ciertas especies, bajo latitudes determinadas, que de la coexistencia de gran número de familias y de la cantidad relativa de sus especies, p. 332-338.—La raza humana conside rada en sus matices físicos y en la distribucion geográfica de sus tipos contemporáneos. Razas y variedades. Unidad de la raza humana.—Las lenguas, creaciones intelectuales de la humanidad y partes integrantes de la historia natural del espíritu, tienen un sello nacional; pero en virtud de acontecimientos diversos, hállanse en pueblos de muy diferente orígen idiomas pertenecientes á una misma familia, p. 338-346.

TOMO II.

PRIMERA PARTE.

REFLEJO DEL MUNDO ESTERIOR EN LA IMAGINACION DEL HOMBRE. LITERATURA DESCRIPTIVA.

I. Medios propios para difundir el estudio de la naturaleza.—En el primer tomo se han espuesto, bajo la forma de un cuadro de la Naturaleza, los principales resultados de la observacion científica; en este hay que considerar el reflejo de aquel espectáculo en el sentimiento y en la imaginacion del hombre.—Del sentimiento de la Naturaleza entre los Griegos y los Romanos; sin ser estraños á este sentimiento lo han espresado no obstante muy rara vez. La poesia descriptiva no podia ser mas que un accesorio en las grandes formas de la oda y de

Digitized by Google

la epopeya. El arte se mueve siempre entre los Griegos dentro del círculo de la humanidad.—Himnos á la Primavera; Homero, Hesiodo; los trágicos; poesía bucólica; Nonnus; Antologia. Carácter propio del paisaje griego, pág. 3-15.—Poetas latinos: Lucrecio, Virgilio, Ovidio, Lucano, Lucilio el junior. Epoca posterior en que la Poesia no es mas que un adorno de prestado para el pensamiento, el *Mosela* de Ausonio. Prosistas latinos: Ciceron, Tácito, Plinio. Descripciones de *villas* romanas, p. 15-24 —Cambio introducido en la naturaleza y espresion de los sentimientos por el Cristianismo y la vida del desierto. *Octavius* de Minucio Felix, pasages de los Santos Padres. San Basilio en las soledades de Armenia, Gregorio de Niza, Crisóstomo; predisposicion general ó la melancolia, p. 24-29 —Contraste producido por la diversidad de las razas en el color poético de las descripciones entre los griegos, las razas itálicas, los germanos del Norte, los pueblos semíticos, los persas y los indios. La riquísima poesia de esas razas orientales demuestra que el sentimiento de la Naturaleza, entre los germanos del Norte, no reconoce por única causa la privacion de sus goces, durante un largo invierno.—Poesia caballeresca de los Minnesinger. Epopeya Esópica de los alemanes, segun Jacobo y Guillermo Grimm. Poesias célticas y ersas, p. 29-36.—Pueblos del Asia oriental y occidental (Indios y Persas); el *Ramayana*, y el *Mahabarata*, el *Sacuntalá* y la *Nube Mensagera* de Kalidasa. Literatura persa; que no sube mas allá de los Sasanidas, p. 36-41.—Epopeya y poesías filandesas recogidas de boca de los Karelianos, p. 41-42.—Naciones arameas; poesía de la Naturaleza entre los Hebreos; reflejo del monoteismo, p. 42-47.—Literatura antigua de los árabes. Descripcion de la vida de los beduinos en el desierto, en Antar; Amru'l-Kais, p. 47-48.—Renacimiento de las letras en Italia. Dante Alighieri, Petrarca, Boyardo y Vittoria Colonna.—Diálogo del Etna de Bembo, y descripcion pintoresca de la vida vegetal en el Nuevo-Mundo (Historiæ Venetæ). Cristóbal Colon, p. 48-55.—Las *Lusiadas* de Camoens, p. 55-58.—Poesia española; la *Araucana* de don Alonso de Ercilla; Fray Luis de Leon y Calderon, segun Tieck.—Shakspeare, Milton, Thomson, p. 58-61.—Prosistas franceses: Rousseau, Buffon, Bernardino de Saint-Pierre y Chateaubriand, p. 61-65. Ojeada retrospectiva sobre los viajeros de la edad media, Juan Mandeville, Hans Schiltberger y Bernardo de Breitenbach. Contraste entre estos viajeros y los modernos. Forster, compañero de Cook, p. 65-68.—Objeto legítimo de la poesía descriptiva. Atractivo de todas las regiones de la tierra, desde el ecuador hasta las zonas glaciales, p. 68-71.

II. De la pintura de paisaje considerada como medio de propagar el estudio de la naturaleza.—En la antigüedad clásica, la pintura del paisaje no podia constituir, como tampoco la poesía descriptiva, una

Digitized by Google

rama distinta del arte. Filostrato el Viejo. Escenografía; Ludio.—Vestigios de la pintura de paisaje entre los Indios en la época brillante de Vikramaditya.—Herculano y Pompeya.—Pintura cristiana desde Constantino el Grande hasta principios de la edad media. Miniaturas de los manuscritos, p. 72-75.—Importancia dada al paisaje en los cuadros históricos de los hermanos Van-Eyck. El siglo XVII considerado como la época mas brillante de la pintura de paisaje (Claudio Lorena, Ruysdael, Gaspar y Nicolás Pusino, Everdingen, Hobbema y Cupy).—Esfuerzos hechos para reproducir fielmente las formas vegetales; empeño de imitar especialmente la vegetacion de los trópicos. Francisco Post, compañero del príncipe Mauricio de Nasau; Eckhout. Necesidad de individualizar la Naturaleza.—La emancipacion de las colonias españolas y portuguesas de América, el progreso de la cultura en las Indias, la Nueva-Holanda, las islas Sandwich y el Africa meridional, deben dar mucho impulso y un carácter mas grandioso, no solo á la Meteorología y á la descripcion de la Naturaleza en general, sino que tambien á la pintura del paisaje y á la espresion gráfica de la Naturaleza.—Utilidad de los panoramas circulares de Parker.—El sentimiento de la unidad del *Cosmos* adquirirá tanta mayor fuerza cuanto se multipliquen mas los medios de reproducir con espresivas imágenes los fenómenos de la Naturaleza, p. 75-89.

III. Cultivo de las plantas exóticas.—Impresion que produce la fisonomía de los vegetales, en cuanto pueden dar idea de ella, las plantaciones artificiales.—Jardines pintorescos.—Primeros parques plantados en las regiones centrales y meridionales del Asia; árboles y bosquecillos consagrados á los dioses, p. 90-94.—Jardines en los pueblos del Asia oriental. Jardines chinos en tiempo de la dinastía de los Han. *Poema de los Jardines*, compuesto por See-ma-Kuang, á fines del siglo XI. Prescripciones de Lieu-tscheu. Poema descriptivo del emperador Kien-long.—Influencia de los monasterios budistas en la propagacion de las formas vegetales mas bellas, p. 94-98.

SEGUNDA PARTE.

ENSAYO HISTÓRICO SOBRE EL DESARROLLO PROGRESIVO DE LA IDEA DEL UNIVERSO.

Diferencia entre el conocimiento general de la Naturaleza y la história de las ciencias naturales. La história de la descripcion del mundo es la história de la idea de la unidad aplicada á los fenómenos y á las fuerzas simultáneas del Universo.—Método de esposicion que conviene á la história del *Cosmos*: 1.º esfuerzos de la razon para descubrir las leyes de la Naturaleza; 2.º acontecimientos que han ensanchado de repente el campo de la observacion; 3.º invencion de instrumentos nuevos propios para

Digitized by Google

facilitar la percepcion sensible.—Impulso dado por el progreso de las lenguas; irradiacion de la civilizacion. Opinion que debe formarse acerca de una Física primitiva y de esa sabiduría natural de los pueblos salvajes oscurecida por la civilizacion, p. 101-115.

FASES PRINCIPALES DE LA HISTORIA DE LA CONTEMPLACION FÍSICA DEL MUNDO.

I. La cuenca del mediterraneo considerada como punto de partida delos esfuerzos hechos para engrandecer la idea del cosmos.—Configuracion y divisiones de esta cuenca. Importancia del golfo Arábigo. Cruzamiento de las dos grandes líneas de levantamiento (del Nordeste al Sudoeste y del Sud Sudeste al Nor Noroeste). Influencia de este último sistema en el comercio del Mundo.—Antigua civilizacion de los pueblos esparcidos por las costas del Mediterraneo.—Valle del Nilo; antiguo y nuevo imperio de los Egipcios.—Los Fenicios, aptos por naturaleza para desempeñar el papel de intermediarios, difunden la escritura y el uso de las monedas, y las pesas y medidas de orígen babilónico. Numeracion, aritmética, navegacion nocturna. Colonias establecidas en la costa occidental de Africa p. 116-130.—Espedicion de Salomon y de Hiram á los paises auríferos de Ofir y Supara, p. 130-133.—Tirrenos y Etruscos (Rasenes); disposicion particular de la raza etrusca para el comercio con la Naturaleza; fulguratores y aquilegas, p. 133-134.—Otros pueblos situados á orillas del Mediterráneo, y de cultura antiquisima. Vestigios de civilizacion al Este, entre los Frigios y los Licios, y entre los Túrdulos y los Turdetanos al Oeste.—Principios del poder helénico; el Asia Menor considerada como el gran camino militar de las emigraciones del Oriente al Occidente. El archipiélago del mar Egeo, especie de lazo entre el mundo griego y las regiones lejanas del Oriente. Vastos eriales en donde se confunden los límites de Europa y Asia, mas allá del grado 48 de latitud. Herodoto y Ferecides de Syros, consideran el Norte del Asia, que forma la Escitia, como una dependencia de la Sarmacia de Europa.—Caractéres de las razas jónicas y dóricas en las colonias á donde se establecieron estos pueblos.—Tentativas hechas para penetrar por el lado del Este hacía el Ponto y la Cólquida; primera nocion de la costa occidental del mar Caspio, confundido hasta entonces con el Océano que rodea á la tierra por el lado del Este. Comercio con los Argipinos, los Isedones y y los Arimaspes atravesando la cadena de los Escitas escolotos. Mito meteorológico de los hiperboreos.—Abertura de la puerta de Gadeira. Navegacion de Coleo de Samos. Aspiracion incesante hacia lo desconocido y lo infinito. Conocimiento exacto del flujo periódico del mar, p. 134-146.

II. Espedicion de los macedonios en tiempo de alejandro magno, é influencia del imperio de bactriana.—Rica cosecha de ideas nuevas

Digitized by Google

acerca de la Naturaleza, de que no hay ejemplo en ninguna otra época, si esceptuamos la del descubrimiento de la América tropical.—Aristóteles facilita la reunion y comparacion de aquellos materiales por la direccion que imprime á las investigaciones de la filosofía especulativa, y por la precision que introduce en el lenguaje.—Carácter científico de la espedicion macedónica. Calistenes de Olynto, discípulo de Aristóteles y amigo de Teofrasto.—Considerables progresos hechos en la ciencia de los cuerpos celestes por las relaciones establecidas con Babilonia y por el conocimiento de las observaciones debidas á la casta sacerdotal de la Caldea, p. 147-162.

III. Engrandecimiento de la idea del mundo en tiempo de los Tolomeos.—Unidad política del Egipto bajo la dominacion de los Griegos. Ventajas que debe este país á su situacion geográfica.—Inferioridad, bajo uno y otro concepto, del imperio de los Seleucidas, formado por la agregacion de nacionalidades diferentes. Los rios y los caminos de las caravanas, única salida abierta al comercio en aquel país.—Conocimiento de los monzones. Restablecimiento del canal que une el Nilo al Mar Rojo.—Institutos científicos protegidos por los Lagidas. Museo de Alejandría. Biblioteca del Bruchium y de Rhakotis. Direccion de los estudios; al lado de la aplicacion que recoje los materiales, manifiéstase una tendencia feliz á la generalizacion.—Eratóstenes de Cirene. Primera medida del grado ejecutada por un griego, entre Syena y Alejandría, segun los datos incompletos de los bematistas. Progreso simultáneo de la ciencia en las Matemáticas puras, en la Mecánica y en la Astronomía. Aristilo y Timocaris. Ideas de Aristarco de Samos y de Seleuco de Babilonia ó de Eritrea sobre la estructura del mundo. Hiparco, creador de la Astronomía científica y el mayor astrónomo observador de la antigüedad. Euclides, Apolonio de Perga y Arquímedes, p. 163-174.

IV. Influencia de la dominacion romana.—Servicios prestados á la ciencia del Cosmos por un vasto conjunto de Estados. Si la variedad del suelo y de las producciones orgánicas que se admiran en las espediciones lejanas debió, por una parte, comunicar nuevo impulso al estudio de la Naturaleza, por otra, el espíritu de nacionalidad romana sofocó la actividad propia de cada pueblo, haciendo desaparecer á un mismo tiempo la publicidad y el principio de la individualidad, los dos mas firmes apoyos de los Estados libres.—Dioscórides de Cilicia y Galiano de Pérgamo, únicos observadores de la Naturaleza durante este período. Claudio Tolomeo, fundador de la Optica esperimental.—Ventajas materiales de la estension dada al comercio terrestre con el centro del Asia, y la navegacion de Myos Hormos hácia la India.—En tiempo de Vespasiano y Domiciano llega á las costas orientales del mar Caspio un ejército chino. Emi-

Digitized by Google

graciones de los pueblos dirigidas en el Oriente de Este á Oeste, y en el nuevo continente de Norte á Sud. Las emigraciones de los pueblos asiáticos empiezan con la irrupcion de la raza turca de los Hiungnus, que caen sobre los Yuetas y los Usunos, cerca de la muralla de la China, siglo y medio antes de nuestra era.—Embajada que el Rajah de Ceilan envió al emperador Claudio. Embajador romano de Marco Aurelio á la corte china. Los grandes matemáticos indios Warahamihira, Brahmagupta, y quizás tambien Aryabhatta, son posteriores á esta época; pero los descubrimientos hechos anteriormente en la India, despues de investigaciones aisladas, habian podido penetrar en el Occidente antes de Diofanto, á lo menos en parte, merced á la estension que adquirió el comercio en tiempo de los Lágidas y de los Césares.—Podemos formar idea de esas relaciones comerciales por las grandes obras geográficas de Strabon y de Tolomeo. Importancia histórica de la nomenclatura de Tolomeo reconocida en los tiempos modernos.—Ensayo de una descripcion de la Naturaleza por Plinio. Carácter de esta enciclopedia del Arte y de la Naturaleza.—Unidad del género humano proclamada por el cristianismo, p. 175-198.

V. Invasion de los árabes.—Influencia de un elemento estraño en el desarrollo de la civilizacion europea.—Los Arabes, raza semítica dotada de viva imaginacion, disipan la barbárie conservando la antigua civilizacion y abriendo nuevas vías al estudio de la Naturaleza.—Configuracion de la península arábiga; producciones del Hadharamaut, del Yemen y del Oman, cadenas de montañas de Djebel, de Akhbar y de Asyr. Gerrha, antiguo depósito de las mercancías indias, situado frente á los establecimientos fenicios de Arados y de Tylos.—Relaciones activas entre la Arabia, particularmente en la parte setentrional, y otras regiones civilizadas.—Civilizacion primitiva de los Arabes; empiezan á tomar parte en el comercio del mundo; espediciones al Oeste y al Este. Los Hicsos; Ariæo, rey de los Himyaritas, aliado de Nino.—Carácter particular de la vida nómada de los Arábes, p. 199-208.—Influencia de los Nestorianos, de los Sirios y de la escuela médico-farmacéutica de Edeso. —Los Arabes fundadores de las ciencias físicas y químicas. Farmacologia.—Institutos científicos, en la brillante época de Almanzor, de Haron-al-Raschid, de Mamun y de Al-Motasem. Conocimientos que los Arabes tomaron de la India y del Egipto. Jardin botánico fundado cerca de Córdoba en tiempo del califa Abderrhaman, p. 208-217.—Observaciones astronómicas y perfeccion de los instrumentos. Aplicacion del péndulo á la medida del tiempo por Ebn-Junis. Trabajos de Alhazen sobre la refraccion. Tablas planetarias de los Indios. Perturbacion en la longitud de la luna, reconocida por Abul-Wefa. Congreso astronómico de Toledo. Observatorios de Meragha. Medida del grado en la llanura que se estiende

Digitized by Google

entre Tadmor y Rakka.—Los Arabes deben su ciencia algebráica á los Indios y á los Griegos. Mohammed Ben-Musa, de Chowarezm. Abul-Wefa-Busjani traduce por primera vez al árabe, á principios del siglo x, las obras de Diofanto.—Las cifras indias y el sistema de posicion llegaron á conocimiento de los Arabes por las mismas vias que el Algebra. Los Arabes introdujeron estas invenciones en el Africa setentrional. Es verosímil que los cristianos de Occidente conociesen antes que los Arabes las nueve cifras y su valor relativo, con el nombre de sistema de *Abaco*. ¿Qué resultados hubiera dado en la civilizacion la dominacion indefinidamente prolongada de los Arabes? p. 217-226.

VI. Epoca de los grandes descubrimientos en el océano.—Causas que prepararon estos descubrimientos.—Necesidad de distinguir el primer descubrimiento de las zonas setentrionales y templadas de la América, por Leil, hijo de Erico el Rojo, y el segundo descubrimiento de la América tropical á fines del siglo XV. Las islas Fœroer y la Islandia, descubiertas casualmente por Naddod, son las estaciones y puntos de partida de las espediciones hácia la Escandinavia americana. Viajes á las costas orientales de la Groenlandia en el pais de Scoresby, á las de la bahia de Baffin, hasta los 72° 55′, y á la entrada de los estrechos de Lancaster y Barrow.—Descubrimientos anteriores quizás, de los Iros. El pais de los Hombres Blancos entre la Virginia y la Florida.—Antes de la colonizacion de Naddod y de Ingolf ¿habia sido poblada la Islandia por Iros (hombres del Poniente de la gran Irlanda americana), ó por misioneros irlandeses (*papar*, los *clerici* de Discuil,) echados por los Normandos de las islas Fœroer?—Las antiguas leyendas de la Europa setentrional, amenazadas de quedar olvidadas en el suelo donde nacieron, son trasportadas á la Islandia. Vestigios de las relaciones comerciales entre la Groenlandia y la Nueva Escocia hasta el año de 1347. La Groenlandia pierde en 1261 su constitucion libera', y queda privada, como propiedad de la Corona de Noruegá, de toda comunicacion con los estranjeros, incluso los Islandeses. Así se esplica que Colon, en su viaje á la Islandia (febrero de 1447), no recogiese noticia alguna acerca de un nuevo continente situado al Oeste. Continuacion de las relaciones comerciales entre el puerto de Bergen y la Groenlandia hasta 1484, p. 227-237. —Consecuencias bien diferentes que tuvo el segundo descubrimiento de la América por Cristóbal Colon. Sin embargo, el único pensamiento de este navegante era buscar un camino mas corto para llegar al Asia oriental; y tanto él, como Americo Vespucio, murieron en la inteligencia de que habian llegado á las costas orientales del Continente asiático.—Necesidad de mirar al tiempo que separa la época de Colon de aquella en que florecian los Arabes, para comprender la influencia que ejercieron en los siglos XV y XVI los descubrimientos marítimos en el progreso de las

Digitized by Google

ideas.—Causas que contribuyeron á dar á la era de Colon un carácter particular; aparicion de un corto número de libre pensadores. (Alberto magno, Bacon, Duns-Scott, Oceam); nueva aficion á los monumentos de la literatura griega; invencion de la imprenta; monjes enviados como embajadores á los príncipes mogoles; viajes comerciales al Asia oriental y á las Indias meridionales (Marco Polo, Mandeville, Nicolo de'Conti); progresos del arte náutico; uso de la brújula ó de las propiedades del iman tomado de los Chinos pasando por los Arabes, p. 237-253.—Viajes emprendidos por los Catalanes hácia las costas occidentales del Africa tropical; descubrimiento de las Azores; mapamundi de Picigano del año de 1367. Relaciones de Colon con Toscanelli y con Martin Alonso Pinzon. Mapa, recientemente descubierto, de Juan de la Cosa.—Mar del Sud, p. 253-271.—Descubrimiento de la línea magnética sin declinacion en el océano atlántico. Observaciones sobre la flexion de las fajas isotermas á 100 millas al Oeste de las Azores. Línea de demarcacion fijada por el papa Alejandro VI, el 4 de mayo de 1493; division natural cambiada en division política.—Conocimiento de la distribucion del calor; límite de las nieves perpétuas considerado como funcion de la latitud geográfica. Movimiento de las aguas en el valle del oceano atlántico. Praderas oceanicas de ovas, p. 271-281.—Engrandecimiento del horizonte del Mundo; constelaciones del cielo austral; conocimiento mas bien contemplativo que científico de los espacios celestes.—Nuevos esfuerzos para perfeccionar los métodos prácticos propios para determinar la longitud, con el fin de fijar la línea de demarcacion papal.—El descubrimiento y la primera colonizacion de la América, asi como el viaje á las Indias orientales por el Cabo de Buena-Esperanza, contribuyen, con el desarrollo del Arte y la reforma religiosa que empieza, á la emancipacion del espíritu humano, y preparan las grandes revoluciones políticas.—El atrevimiento de Colon es el primer eslabon de la infinita cadena de estos misteriosos acontecimientos. La casualidad y no el fraude ha hecho que el continente descubierto por Colon no lleve su nombre y sí el de Américo Vespucio. Influencia del nuevo mundo en las instituciones políticas, y en las ideas y tendencias de los pueblos del antiguo continente, p. 281-293.

VII. Epocas de los grandes descubrimientos en los espacios celestes por medio del telescopio.—Consideraciones sobre la estructura del Mundo que prepararon estos descubrimientos.—Observaciones de Copérnico en Cracovia, juntamente con el astrónomo Brudzewski, por el tiempo mismo en que Colon descubria la América. El siglo XVII se enlaza en el XVI por medio de Peurbach y Regiomontano. El sistema de Copérnico presentado por él, no como una hipótesis sino como una verdad incontrastable, p. 294-307. Keplero y sus leyes esperimentales sobre el curso de los planetas. p. 307-317.—Invencion del telescópio; Lippershey. Adricansz (Mecio).

Digitized by Google

Jansen. Primeros resultados de la observacion telescópica; montañas de la Luna; grupos estrellados; via lactea; los cuatro satélites de Júpiter, supuesta triplicidad de Saturno; fases de Venus; manchas del Sol y duracion de su rotacion.—Importancia del *pequeño mundo* de Júpiter (mundus Jovialis). Las Lunas de Júpiter dan ocasion al descubrimiento de la velocidad de la luz, y á que se esplique por lo tanto la elipse de aberracion de las estrellas fijas, de donde resalta la demostracion material del movimiento de traslacion de la Tierra.—A los descubrimientos de Galileo, de Mario y Fabricio siguen los de los satélites de Saturno por Huyghens y Cassini; el de la luz zodiacal, considerada como un anillo nebuloso que gira aisladamente en torno del Sol, por Childrey; el de la luz variable de las estrellas fijas, por Fabricio, Bayer y Holwarda. Nebulosa sin estrellas en la constelacion de Andrómeda p. 317-320.—Las observaciones físicas sobre los fenómenos de la luz, del calor y del magnetismo, contribuyen tambien, en union con los grandes descubrimientos de Galileo y de Keplero, de Newton y de Leibnitz, á ilustrar mas y mas el siglo XVII. Doble refraccion y polarizacion; indicios de haber conocido Grimaldi Hooke las interferencias. Gilbert distingue el magnetismo de la electricidad. Conocimiento de la desviacion periódica de las lineas sin declinacion. Conjetura de Halley respecto de la luz polar cómo efecto magnético. Termóscopo de Galileo, y aplicacion de este instrumento á una série de observaciones cuotidianas hechas en estaciones de diferente altura. Investigaciones sobre el calor radiante. Tubo de Toricelli y medidas de altura por la elevacion del mercurio. Conocimiento de las corrientes aéreas y del influjo que sobre ellas ejerce la rotacion de la Tierra. Ley de rotacion de los vientos entrevista por Bacon. Beneficiosa aunque corta influencia de la Academia del Cimento en el conocimiento esperimental y matemático de la Naturaleza.—Tentativas para medir la humedad atmosférica, higrómetro condensador. Fenómenos eléctricos; electricidad terrestre; Guerike fué el que vió la primera chispa eléctriea en una detonocion provocada por el mismo.—Comienzos de la Química neumática; aumento de peso observado en la oxidacion de los metales; Cardan y Rey, Hooke y Mayow. Hipótesis acerca de la existencia de particulas salitrosas (spiritu nitro-aëreus) en el aire, necesarias al fenómeno de la combustion y á la respiracion de los animales.—Influencia ejercida por los progresos de la Física y de la Química, en el desarrollo de la Geografía (Stenson, Scilla, Lister); levantamiento del lecho y de las orillas del mar. La fluidez primitiva y la solidificacion de nuestro planeta reflejadas en la forma matemática de la Tierra. Medidas de grados y esperiencias con el péndulo, en latitudes diferentes. Aplanamiento polar. La forma de la Tierra, reconocida teoricamente por Newton, conduce al descubrimiento de la fuerza cuya consecuencia necesaria son las leyes de Keplero. El descubrimiento de la gravitacion, desarrollado por Newton en el libro

Digitized by Google

de *los Principios*, viene á coincidir con el vuelo que el cálculo infinitesimal imprimió á las investigaciones matemáticas, p. 320-344.

VIII. DIVERSIDAD Y ENCADENAMIENTO DE LOS ESFUERZOS CIENTIFICOS DE NUESTRA ÉPOCA.—Ojeada restrospectiva sobre la serie de los periodos recorridos.—La comprension de la ciencia moderna hace dificil la distincion y limitacion de cada ciencia en particular.—De hoy mas, la inteligencia realiza grandes obras, en virtud de su propia fuerza y sin escitacion esterior. La história de las ciencias físicas se confunde poco á poco con la historia del Cosmos. p. 344-350.

TOMO III.

PRIMERA PARTE.

INTRODUCCION.

Ojeada retrospectiva sobre las materias contenidas en los tomos precedentes.—La Naturaleza considerada bajo dos puntos de vista diferentes: bajo su aspecto esterior y puramente objetivo, y en su imágen reflejada en el interior del hombre.—De qué modo una disposicion inteligente de los fenómenos permite ya comprender su lazo generador.—Imposibilidad de dar en una obra de este género una enumeracion completa de los fenómenos particulares.—Mundo ideal é interior, al lado del mundo real, y poblado de mitos simbólicos, que perturban la clara percepcion de la Naturaleza. — Imposibilidad absoluta de llegar jamás al perfecto conocimiento de todos los fenómenos cósmicos. Descubrimiento de las leyes empíricas; investigaciones de las causas que unen entre sí todos los fenómenos; descripcion y esplicacion del Mundo. Cómo la observacion de las cosas existentes puede revelar en parte la ley de su formacion y de su desarrallo.—Diferentes fases de la esplicacion del Mundo. Esfuerzos intentados para comprender el orden de la Naturaleza.—Primeros principios aplicados por la raza helénica á la contemplacion del Mundo. Fantasías fisiológicas de la Escuela jónica; doble direccion de esta Escuela: hipótesis de los principios concretos y materiales; hipótesis de la rarefaccion y de la condensacion. Fuerza centrífuga. Teoría de los torbellinos.—Pitagóricos; filosofía de la medida y de la armonía; primera aplicacion de las Matemáticas á los fenómenos físicos.—Orden y gobierno del Mundo segun los principios físicos de Aristóteles. La impulsion considerada como el fundamento de todos los fenómenos. Aristóteles poco preocupado de la diversidad de las sustancias.—La teoría aristotélica reproducida en la Edad Media en su forma y en sus ideas fundamenta-

Digitized by Google

les. Bacon; el *Espejo de la Naturaleza* de Beauvais; el *Liber Cosmographicus* de Alberto el Grande; la *Imago Mundi* del cardenal Ailly.—Progreso realizado por Jordano-Bruno y por Telesio.—La gravitacion ó la atraccion de las masas claramente espuesta por Copérnico.—Primera aplicacion de las Matemáticas á la teoria de la gravitacion en los escritos de Keplero.—*Cosmos* ó Tratado del Mundo, de Descartes; esta gran empresa solo llega á la publicacion de algunos fragmentos, mucho tiempo despues de su muerte. El *Cosmotheoros* de Huygens, indigno del gran nombre de su autor.—Newton y los *Philosophiæ naturalis Principia mathematica*.—Esfuerzo hecho para abarcar el conjunto del Mundo. ¿Es dable fundar una ciencia universal de la Naturaleza, y referir todo á un príncipio, desde las leyes de la gravedad hasta la fuerza creadora que preside á los fenómenos del organismo y de la vida? Imposibilidad de agotar por la percepcion el campo de los fenómenos perceptibles. La insuficiencia de nuestros conocimientos esperimentales no permite esplicar por las fuerzas de la materia las variaciones que esperimenta, y reduce esta cuestion al estado de problema indeterminado, p. 3-4.

PARTE URANOLÓGICA DE LA DESCRIPCION FÍSICA DEL MUNDO.

Resultados de la observacion, generalidades, p. 25-26.
Astronomia sideral, generalidades, p. 26-28.

I. Espacios celestes. Hipótesis sobre la materia que ocupa al parecer esos espacios, p. 29-41.—Solo partes aisladas del espacio son susceptibles de medida, p. 30.—Medio resistente, materia cósmica, eter universal, p. 31 y 224—Irradiacion calorífica de las estrellas, p. 35—Temperatura del espacio, p. 35-38.—Trasparencia imperfecta del espacio, p. 39.—Disminucion regular en la duracion de la revolucion descrita por el cometa deEncke, p. 39.—Límites de la atmósfera, p. 41.

II. Vision natural y telescópica.—Centelleo de las estrellas.—Velocidad de la luz.—Resultados de las medidas fotométricas, p. 42-93.—La luz, cualquiera que sea la fuente de que emane, obedece de la misma manera á las leyes de la refraccion, p. 44.—Posicion de las rayas de Wollaston, p. 44.—Efecto de los tubos, p. 43.—Medios suministrados por la Optica para distinguir la luz directa de la luz reflejada, é importancia de esos medios para la astronomía física, p. 44.—Límites de la fuerza visual ordinaria, p. 44.—Imperfeccion del órgano de la vista; diámetro ficticio de las estrellas, p. 48.—Influencia de la forma de los objetos en el menor de los ángulos visuales; diferencia de brillo de 1/60 necesaria para la visibilidad; vision negativa y vision positiva, p. 49-52.—Visibilidad de las estrellas á simple vista y en pleno dia, desde

Digitized by Google

el fondo de los pozos ó sobre la cima de las altas montañas, p. 52-54.—Ca las y rayos divergentes, p. 48.—De la visibilidad de los satélites de Júpiter á simple vista, p. 47.—Fluctuacion de las estrellas, p. 54.—Principios de la vision telescópica y aplicacion de los anteojos á los instrumentos de medida, p. 56-58 y 64.—Refractores de gran dimension, p. 58·—Reflectores, p. 60-62.—Observacion en pleno dia; cómo fuertes aumentos pueden facilitar durante el dia el descubrimiento de las estrellas, p. 64-65.—Del centelleo de las estrellas, p 66-71.—Velocidad de la luz, p. 71-75.—Orden de magnitud de las estrellas; relaciones fotométricas y diferentes métodos de medida, p. 81-85. Série fotométrica de las estrellas, p. 86-93.

III. Número, distribucion y color de las estrellas.—Grupos estelares.

Via láctea sembrada de raras nebulosas., p. 94-136.—Diferentes estados del Cielo que favorecen ó hacen imposible las observaciones astronómicas, p. 94-96.—Número de las estrellas; cuántas pueden distinguirse á simple vista, p. 93-97.—Número de las estrellas cuya posicion ha sido determinada, y que figuran en los mapas celestes, p. 97-106. Tentativas para evaluar el número de las estrellas que son visibles en toda la bóveda del Cielo por los telescopios de que hoy se dispone, p. 106-108.—Astronomía contemplativa en las razas menos civilizadas, p. 108-109.—Esfera celeste de los Griegos, p. 109-114.—Cielo de cristal, p. 113-115.—Diámetros ficticios de las estrellas vistas por medio de los telescopios, p. 115-117.—Objetos celestes propios por sus dimensiones para probar la potencia de los anteojos, p. 118.—Diferencias y variaciones en la coloracion de las estrellas, p. 118-120.—Progresos realizados sucesivamente en el conocimiento del cielo austral, p. 123-124.—Leyes que regulan la distribucion de las estrellas y los diferentes grados de su condensacion; medida del Cielo, p. 123-124.—Grupos estelares, p. 126-130.—Via láctea, p. 130-136.

IV. Estrellas nuevas.—Estrellas cambiantes de periodos conocidos.—Astros cuyo brillo sufre variaciones, pero cuya periodicidad no se ha reconocido todavia, p. 137-173.—Aparicion de estrellas nuevas en el intervalo de 2000 años, p. 137-152.—Estrellas periódicamente variables, p. 152; leyes de las irregularidades aparentes; diferencias considerables de brillo; periodos de periodos, p. 155-160.—Tabla de las estrellas variables, de Argelander, con un comentario, p. 161-167.—Estrellas variables de periodos desconocidos todavía (ν de Argos, la Cabra, estrellas de la Osa mayor y menor) p. 167-172.—Relacion entre las variaciones de la luz estelar ó solar, y el estado meteorológico de la Tierra, p. 137.

Digitized by Google

V. Movimientos propios de las estrellas.—Existencia problemática de astros oscuros.—Paralajes, distancias de algunas estrellas.—Dudas sobre la existencia de un cuerpo central en el universo estelar, p. 175-194.—Cambios producidos en la fisonomía del firmamento por el movimiento propio de las estrellas, p. 175-179.—Pruebas de verosimilitud de la existencia de astros oscuros, p. 180-182.—Paralaje y medida de las distancias que separan á algunas estrellas de nuestro sistema solar, p. 183-189.—Cómo puede utilizarse la observacion de la luz, en las estrellas dobles, para la determinacion de sus paralajes, p. 189.—Movimiento de traslacion del sistema solar en el espacio, y direccion de este movimiento, p. 178 y 190-192.—Centro de gravedad del universo sideral; imposibilidad de resolver este problema, p. 190, 192-194.

VI. Estrellas dobles y múltiples.—Su número y sus distancias mútuas.—Duraciones de la revolucion de dos soles alrededor de su centro de gravedad comun, p. 195-212.—Estrellas dobles ópticas y físicas, p. 196.—Número de estrellas dobles conocidas, p. 196-203.—Contraste de color en las estrellas apareadas, p. 203-206.—Variabilidad de brillo, p. 207.—Estrellas triples, cuádruples, quíntuples y séstuples, p. 207.—Estrellas dobles cuyas órbitas han sido calculadas, p. 207.—Elementos de las órbitas de las estrellas dobles, p. 210. Observaciones de Faye acerca de este asunto, p. 203.

VII. Nebulosas.—Nebulosas reductibles y nebulosas irreductibles.—Nubes de Magallanes.—Manchas negras ó sacos de carbon, p. 213-253.—Resolucion de las nebulosas. ¿Son todas las nebulosas grupos de estrellas hacinadas? p. 213.—Detalles históricos sobre la observacion de las nebulosas, p. 215.—Número de las nebulosas cuya posicion está determinada, p. 226-229.—Distribucion de las nebulosas y de los grupos estelares en el hemisferio boreal, y en el hemisferio austral, p. 229.—Rareza y acumulacion de las nebulosas en ciertas regiones del Cielo, p. 230.—Formas diversas de las nebulosas; efseroidales, perforadas, planetarias, estrellas nebulosas, nebulosas irregulares, p. 230-236 —Nebulosa reductible de Andrómeda, p. 219 y 229.—Nebulosa de la Espada de Orion, p. 219.—Gran nebulosa de η de Argos, p. 239.—Nebulosa de Sagitario, p. 241.—Nebulosas del Cisne y del Zorro, p. 241.—Nebulosa en espiral del Perro de Caza setentrional, p. 241.—Las dos Nubes de Magallanes, p. 242.—Manchas negras ó sacos de carbon, p. 250.

SEGUNDA PARTE.

SISTEMA SOLAR.

Planetas y satélites.—Cometas.—Luz zodiacal.—Enjambres de asteróides meteóricos.—Generalidades, p. 257-290.

Digitized by Google

I. El Sol considerado como cuerpo central, p. 264.—Datos numéricos, p. 266.—Constitucion física del Sol; diferentes capas que sirven de envuelta al disco oscuro del Sol; manchas del Sol; fáculas, p. 269.—Disminuciones de la luz solar citadas por los analistas; oscurecimientos problemáticos, p. 278.—Intensidad de la luz en el centro y en los bordes del disco solar, p. 279.—Relaciones entre la luz, el calor, la electricidad y el magnetismo: Seebeck, Ampere, Faraday, p. 282 —Influencia de las manchas del Sol en la temperatura de nuestra atmósfera, p. 288-290.

II. Los Planetas.—Consideraciones generales, p. 291-333.

Planetas principaees.—1.° Número de los planetas principales, y época de su descubrimiento, p. 292. 2.° Division de los planetas en dos grupos, separados por la zona de los pequeños planetas, p. 298. 3.° Magnitud absoluta y magnitud aparente de los planetas; su configuracion, p. 302.—4.° Orden de los planetas segun su distancia al Sol; pretendida ley de Ticio; creencia estendida en la antigüedad de que todos los cuerpos celestes visibles en la actualidad no lo han sido siempre. Proselenes, p. 305. 5.° Masas de los planetas, p. 313. 6.° Densidad de los planetas, p. 315. 7.° Duracion de la revolucion sideral y de la rotacion de los planetas, p. 316. 8.° Inclinacion de las órbitas planetarias y de los ejes de rotacion; influencia de la oblicuidad de la eclíptica en los climas, p. 318. 9.° Escentricidad de las órbitas planetarias, p. 324. 10.° Intensidad de la luz solar en los diferentes planetas, p. 327. Planetas secundarios ó satélites, p. 328-333.

Nociones particulares sobre los planetas y los satélites.—Enumeracion de los diversos planetas y sus relaciones con el Sol, considerado como cuerpo central, p. 334-378. 1.° El Sol, p. 334. 2.° Mercurio, p. 336. 3.° Venus; manchas de Venus, p. 338. 4.° La Tierra, simples datos numéricos, p. 340. La Luna; la Luna, fuente de luz y de calor; luz cenicienta ó luz terrestre en la Luna; manchas y superficie de la Luna; montañas y llanuras; alturas medidas; la forma circular, como tipo dominante en la superficie de la Luna; cráteres de levantamiento de erupciones intermitentes; antiguas señales de la reaccion del interior contra el esterior; falta de elemento líquido, y por consiguiente, carencia de mareas y de los efectos debidos á las corrientes. Consecuencias geológicas que deducir de este estado de cosas, p. 341.—Marte; aplanamiento; aspecto de la superficie variable con las estaciones, p. 356.—Grupos de los pequeños planetas: Flora, Victoria, Vesta, Iris, Metis, Hebea, Partenopea, Astrea, Egeria, Irene, Juno, Ceres, Palas é Igia, p. 358.—Júpiter: rotacion, manchas y fajas, p. 362.—Satélites de Júpiter, p. 365.—Saturno: fajas, anillo, posicion escéntrica, p. 367.—Satélites de Saturno, p. 371. —Urano, p. 373.—Satélites de Urano, p. 374.—Neptuno: descubrimiento y elementos de este planeta, p. 376.—Satélites de Neptuno. p. 378.

Digitized by Google

Los Cometas, p. 379 396 —Hipótesis sobre el orígen de los cometas, p. 379.—Los cometas son los cuerpos celestes que con menor masa llenan mayor espacio en el sistema solar, p. 381.—Número de los cometas cuyos elementos están determinados; número de los cometas perceptibles á simple vista en Europa, en los últimos siglos; número de los cometas observados en China, desde el año 613 antes de Jesucristo hasta 1644, p. 381.—Formas de los cometas, variaciones de brillo, de color y de figura; direccion de las partes que los componen; duracion de sus revoluciones, p. 384.—Dificultad de comprobar el estado molecular de las diferentes partes de los cometas, p. 388.—Separacion en dos partes del cometa de Biela, p. 389.—Cometas interiores ó de corta escursion, p. 391.—Elementos de los seis cometas interiores, calculados exactamente, p. 393.

De la luz zodiacal, p. 397-401.—Detalles históricos, p. 397.—Doble intermitencia anual y horaria, p. 397.—Necesidad de distinguir lo que, en la luz zodiacal, pertenece al fenómeno mismo, y lo que depende de la trasparencia variable de la atmósfera, p. 400.—Séries de observaciones correspondientes establecidas á alturas diferentes, bajo los trópicos, único medio de conocer bien la configuracion y la intensidad de la luz zodiacal, p. 398.—Reflejo de la luz zodiacal semejante al que produce la puesta del Sol, p. 399.—Comparacion de la luz zodiacal con las partes mas brillantes de la Via láctea, p, 399.—Cuestion sobre si el eje mayor de la luz zodiacal coincide con el plano del ecuador solar, p. 399-4

Estrellas errantes, bólidos y piedras meteóricas, p. 402-426.—Consideraciones generales: los aerolitos son para nosotros las únicas ocasiones de un contacto inmediato con cuerpos estraños á nuestro planeto, p. 402.—Primeras caidas de aerolitos, cuya fecha se ha determinado; aerolito de Ægos Pótamos; influencia que ejerció en la esplicacion cósmica de este género de fenómenos, y en las teorias de Anaxágoras y de Diógenes de Apolonia, p. 404 y siguientes.—Fuerza centrífuga opuesta á la gravedad, p. 405.—Meteoros aislados y meteoros periódicos; relaciones numéricas y físicas de esos fenómenos; irradiacion de las estrellas errantes; número medio de las estrellas errantes esporádicas y periódicas en un tiempo dado, segun la diferencia de los meses, p. 405.—Lluvias periódicas de estrellas errantes, diferentes de la lluvia de San Lorenzo y la del mes de noviembre, que en la actualidad parece debilitarse, p. 412.—Altura y velocidad de los meteoros, p. 415.—Color, forma y magnitud de las estrellas errantes; combustion, incendios causados por esos meteros, p. 416.—Piedras meteóricas; caidas de aerolitos con un cielo sereno, ó despues de la formacion de una nube negra meteórica, p. 419.—Variacion lunar de las estrellas errantes en las lluvias periódicas, p. 421.—Composicion química de los aerolitos; analogías de esas piedras con las rocas telúricas p. 421-426.

Conclusion, p. 427.

Digitized by Google

TOMO IV.

INTRODUCCION.

En los dos primeros tomos del *Cosmos*, aparecen trazadas á grandes rasgos las ideas generales sobre el conjunto de la Naturaleza, sobre el Cielo y sobre la Tierra; en el tercer tomo, consagrado á la Uranología, se han desenvuelto los espacios celestes, entrando en los detalles astronómicos; el cuarto tomo está reservado á la Tierra; en él se encontraran los resultados particulares de la observacion en el dominio de los fenómenos terrestres, p. 1-12.

PRIMERA PARTE.

MAGNITUD, FORMA Y DENSIDAD DE LA TIERRA. CALOR INTERNO DE LA TIERRA; DISTBIBUCION DE ESTE CALOR. ACTIVIDAD MAGNÉTICA MANIFESTADA POR LOS CAMBIOS QUE SE PRODUCEN EN LA INCLINACION, DECLINACION É INTENSIDAD MAGNÉTICA, BAJO LA INFLUENCIA DE LA IRRADIACION SOLAR QUE CALIENTA Y RARIFICA LA ATMÓSFERA. TEMPESTADES MAGNÉTICAS LUZ POLAR.

Entre los primeros objetos que cautivan la curiosidad del hombre, cuéntanse las dimensiones, la forma y la composicion del planeta habitado por él, p. 13.—El cuerpo de la Tierra ha sido medido y pesado, por su figura, su densidad y su masa. Diferentes métodos empleados para resolver el problema de la figura de la Tierra, p. 16.—Calor interno de la Tierra y distribucion de este calor, p. 32.—Actividad magnética del cuerpo terrestre considerada en su triple modo de accion: la intensidad, la inclinacion, la declinacion. Consideraciones generales; esposicion histórica y cuadro cronológico de los trabajos y descubrimientos de que ha sido objeto el magnetismo terrestre. No puede representarse la que pasa en nuestro planeta sin referirlo al conjunto del Mundo; el mismo nombre de planeta despierta en nosotros la idea de dependencia con relacion á un cuerpo central, de union con un grupo de cuerpos celestes que tienen seguramente un mismo orígen. Reconocimiento inmediato de la influencia de la posicion del Sol en la manifestacion del magnetismo terrestre. Doce objetos diferentes llaman especialmente la atencion: dos polos magnéticos, situados uno en el hemisferio austral, el otro en el hemisferio boreal; el ecuador magnético; las líneas de igual declinacion (líneas isogónicas) y las líneas sin declinacion; los cuatro puntos de la mayor intensidad magnética; las líneas de igual intensidad (isodinámicas); la línea de las ondulaciones magné-

Digitized by Google

ticas que une, en cada meridiano, los puntos de menor intensidad (ecuador dinámico); el límite de la zona, en general de una intensidad magnética muy pequeña, que juega, por decirlo así, el papel de intermediaria, y en la cual las variaciones horarias participan alternativamente, segun las estaciones, de las propiedades de los dos hemisferios, p. 46. Intensidad: Tentativa de Mallet, en 1769, para evaluar la intensidad del magnetismo terrestre; observaciones de Borda, en 1776, de Lamanon, de 1785 á 1787; las primeras observaciones de intensidad que se han *publicado* son las que Humboldt hizo durante su viaje á las regiones equinociales de la América, de 1798 á 1804, las esperiencias de Rossel, de 1791 á 1794, en el mar de las Indias, se imprimieron mas tarde, p. 80. situacion de los cuatro máximos de intensidad p. 83; maneras de determinar las relaciones de sus fuerzas, observaciones respecto de este asunto, de diferentes autores, p. 85 y siguientes; la intensidad de la fuerza terrestre, medida en puntos determinados del globo, tiene, como todos los fenómenos del magnetismo, variaciones horarias y variaciones seculares, p. 91.—Inclinacion: Débense á Ross nociones precisas sobre la situacion de los dos polos magnéticos, p. 93; situacion del ecuador magnético, p. 94 y siguientes; cuadro de los cambios periódicos horarios de la inclinacion magnética, p. 99; para determinar la variacion secular de la inclinacion, es necesario disponer de una larga série de observaciones, todas igualmente precisas; esposicion de esas observaciones, p. 101.—Declinacion: El conocimiento de este tercer elemento del magnetismo terrestre es el mas antiguo, p. 108; fenómenos de la declinacion, variaciones que en ella producen las diferentes horas del dia y de la noche, como las estaciones del año; série de observaciones á este respecto, p. 109 y siguientes; perturbaciones en la direccion de la aguja imantada, p. 117 y siguientes; observaciones que el autor hizo en Roma, en el monte Pincio, con Gay-Lussac, á propósito de esas perturbaciones, p. 118; observaciones de Sabine y otros autores, p. 121; simultaneidad de las tempestades magnéticas á distancias de muchos millares de leguas, p. 125; *curvas isogónicas* ó *lineas de igual declinacion*, p. 126 y siguientes; una línea sin declinacion descubierta, en 1492, por Cristóbal Colon, en el Océano atlántico, habia dado un poderoso impulso al estudio del magnetismo terrestre, p. 126; la casualidad ha hecho que despues se obtengan muchas observaciones, por navíos que atravesaron las líneas sin declinacion; pero estos materiales no podrán realmente adquirir importancia capital para el conocimiento mismo de esas líneas, y para determinar la situacion actual del ecuador magnético sino cuando se envien á los diferentes mares navíos con la única mision de seguir sin interrupcion dichas líneas, p. 126, parte atlántica de la curva americana determinada por Sabine, p. 128; curva sin declinacion australo-caspia, p. 129 y siguientes; las curvas sin declinacion tienen una

Digitized by Google

historia que no pasa mas allá de doscientos años, p. 133.—Luz polar: Las perturbaciones estraordinarias, cuyos efectos se revelaron por vez primera en los cambios de la declinacion, anuncian en parte, y en parte acompañan á la luz polar magnética; la aurora boreal no debe considerarse como causa de la perturbacion que interrumpe el equilibro del magnetismo terrestre, sino como el resultado de la actividad del globo exaltada hasta la produccion de los fenómenos luminosos, y que se manifiesta, de un lado, por esta iluminacion polar de la bóveda celeste, de otro, por las oscilaciones desordenadas de la aguja imantada; la luz polar es tambien una especie de descarga sin detonacion, el acto que da fin á la tempestad magnética, p. 134; descripcion de esos fenómenos, p. 134; fenómenos geognósticos, que pueden designarse con el nombre de magnetismo de las montañas, p. 140-141.

SEGUNDA PARTE.

Reaccion del interior de la Tierra contra su superficie, manifestada: 1.° Dinamicamente por las ondas de quebrantamiento (temblores de tierra); 2.° Por un aumento de temperatura que se comunica á las fuentes y por la diversidad de las sales y de los gases mezclados en esas fuentes (aguas termales); 3.° Por la erupcion de los fluidos elásticos acompañados á veces de fenómenos de inflamacion espontánea (volcanes de gas y de fango, fuegos de nafta, salsas.) 4.° Por los efectos de los volcanes propiamente dichos, que, en comunicacion permanente con la atmósfera á través de los crateres y de las fallas, vomitan de las entrañas del globo, en largas corrientes de lavas, tierras en fusion, que en ocasiones se presentan bajo la forma de escorias incandescentes, y otras bajo la de rocas cristalinas.

Esposicion general. La segunda parte del cuarto tomo del *Cosmos* trata de los fenómenos complejos que deben atribuirse á la reaccion permanente del interior de la Tierra contra su superficie, conjunto de fenómenos que se designan con el nombre general de vulcanismo, p. 143-146.

Temblores de tierra. p. 147.—Diferentes sistemas sobre las causas que producen los temblores de tierra, p. 149.—Es mas fácil referir á teorías mecánicas sencillas y claras las ondas de quebrantamiento ocasionadas por el primer impulso, que esplicar la naturaleza de este impulso, p. 151.—Catástrofe de Riobamba, en 1777, p. 152.—Casi siempre las manifestaciones de la actividad volcánica, uno de cuyos menores efectos son los temblores de tierra, comprenden simultáneamente fenómenos dinámicos y fenómenos físicos, dando orígen á sustancias nuevas, p. 155.—La frecuencia de los temblores de tierra en ciertos paises, destruyendo

Digitized by Google

los monumentos del arte humano, ha sido generalmente de funestas consecuencias para el estudio, p. 157.—La velocidad con que se propaga un temblor de tierra varía segun las densidades de las capas sólidas que atraviesa, p. 158.—A veces la actividad volcánica abraza una parte tan considerable del cuerpo terrestre que los quebrantamientos que produce pueden atribuirse á muchas causas, p. 163.

Fuentes termales, p. 164.—La division de las fuentes en calientes y frias, no tiene fundamento cierto cuando se la quiere referir á evaluaciones termométricas, p. 165.—Fuentes cuya temperatura es invariable, y fuentes cuya temperatura cambia con las estaciones, p. 166 y siguientes.—Lineas isogeotermas, p. 168.—Fuentes de la Ladera de Cadlud, en los Andes, á una altura de catorce mil quinientos sesenta y ocho pies, p. 170. —Fuentes termales de los alrededores de la antigua Cartago, que indujeron á San Patricio á discernir las verdaderas causas de las diferencias de temperatura en las aguas saltadoras, p. 176.—Las *aguas de comangillas*, cerca de Chichimequillo, en Méjico; las *aguas calientes de las Trincheras* y los *baños de Mariara* en los *valles de Aragua*, en el camino de la Nueva Valencia, p. 176.—Fuentes calientes intermitentes de la Islandia, p. 178. —Fuentes medicinales de Luxenil, de Pfeffers, de Gastein, p. 179.— Fuentes de Nocera, en los Apeninos, p. 180.—Las fuentes acídulas y las emisiones de gas carbónico, atribuidas largo tiempo á los depósitos de hulla y de lignito, parecen ser mas bien producto de la actividad volcánica, p. 180.—Fuentes de Aquisgran, p. 181.—Fuente termal que da orígen á todo un rio cargado de ácido sulfúrico, p. 181.—Relaciones termométricas de las fuentes, p. 184.

Salsas, volcanes de fango, fuentes y fuegos de nafta, erupciones de vapor y de gas, p. 185.—En el primer tomo del *Cosmos*, se demuestra que las salsas son una especie de intermediario de las fuentes calientes y de los volcanes propiamente dichos, que arrojan tierras en fusion bajo la forma de escorias disgregadas ó de rocas nuevas superpuestas generalmente; es tanto mas digno de detenida atencion este punto de las salsas y los volcanes de fango, cuanto que apenas se ocuparon de ello los antiguos geognostas, faltos de conocimientos suficientes, como sucedia respecto de todo aquello que sirve de transicion entre la naturaleza organica y la naturaleza inorgánica, p. 185.—Salsas y fuentes de nafta de Malacub; en Sicilia; de Pietra-Mala, de Monte-Zibio, en el norte de Italia, p. 186 y siguientes; volcanes de fango, fuentes y fuegos de nafta de la cadena del Caucaso; *id.*; erupciones de vapores de las sulfataras de la Toscana, p. 188.—Los *Soffioni* de la Islandia, p. 189.—Fuentes de gas inflamable de la América, p. 189 y siguientes.—*Volcancitos* de Tubaco, 187.—Erupcion de llamas que, en 1839, cambió en isla la península de Galera-Zamba, p. 193.—Volcanes de cieno, salsas, fuentes de gas de la China, que dieron idea á los Chinos de los procedimientos de

Digitized by Google

aforo tomados de ellos por los Europeos, pozos artesianos, para obtener gas combustible, como tambien agua pura y agua salada, p. 194. —Montañas ardientes de la China, p. 195.—Fuegos perpétuos del monte Schagdagh, en el Caucaso, *id.*—Salsas de la isla Java, grutas con fuentes de ácido carbónico de Java, p. 196.—*El azufral de Quindiu*, en América, p. 197.—Fuente de nafta del golfo de Cariaco, cerca de Cumana, que brota del fondo del mar, p. 197.—Como los volcanes propiamente dichos, las salsas manifiestan, de tiempo en tiempo su súbito despertar lanzando columnas de fuego, que llevan á lo lejos el espanto, p. 198.

VOLCANES CONSIDERADOS SEGUN SU FORMA Y DIFERENTES GRADOS DE SU ACTIVIDAD. EFECTOS DE LOS VOLCANES A TRVÉS DE LAS GRIETAS Y LOS CRATERES DE ESPLOSION. CERCOS DE LOS CRÁTERES DE LEVANTAMIENTO. VOLCANES EN FORMA DE CONOS Y DE CAMPANAS, CON Ó SIN ABERTURA EN EL VÉRTICE. DIFERENTES ESPECIES DE ROCAS A TRAVÉS DE LAS CUALES OBRAN LOS VOLCANES. p. 200.—La confusion, consagrada anteriormente por el uso, de los nombres de volcan y de montañas ignívomas, es causa de que, segun un prejuicio muy estendido, se represente siempre á los volcanes con la imájen de montañas cónicas aisladas, con una abertura circular en el vértice; pero estas hipótesis no pueden generalizarse, p. 200 y siguientes.—El carácter esencial de los volcanes consiste en una comunicacion permanente entre la atmósfera y el foco interior del globo, p. 202 y siguientes. Para ir de los fenómenos simples á los fenómenos compuestos se colocarán en primer término las erupciones que se producen á través de las fallas de la Tierra y no forman hileras de conos separados, sino que arrojan masas volcánicas líquidas ó simplemente reblandecidas, que se superponen por capas; en segundo lugar, se estudiarán las erupciones á través de los conos de conglomerados que, sin estar rodeados de cerco, sin embargo vomitan lavas; en tercer lugar, se examinarán los cráteres de levantamiento formados de capas levantadas, sin cono central, que no dan paso á las corrientes de lava, sino á través de las paredes de las murallas que los rodean, y no á través del conducto esterior, obstruido por algun derrumbamiento, y por último, se llegará á las montañas en forma de campana sin abertura, ó á los conos de levantamiento abiertos por el vértice, p. 204 y siguientes.—Hipsometria de los volcanes, p. 222 y siguientes.—La gradacion establecida entre los volcanes, á partir de los pequeños cráteres de esplosion, especie de embudos sin andamiada, hasta el volcan activo de Sahama, de 21,000 pies de altura, demuestra que no hay lazo alguno necesario entre el máximun de elevacion, la disminucion de la actividad volcánica y la naturaleza de las rocas visibles, p. 224.—La frecuencia de las erupciones de un volcan parece depender de causas múltiples y muy complicadas, p. 226 y siguientes.—El Stromboli, p. 226.—La Quimera de Licia, p. 228.—El volcan de

Digitized by Google

Masaya, en el Estado de Nicaragua, en América, p. 228.—El volcan de Izalco, en la costa occidental de la América central, p. 231.—El volcan de Fogo, en las islas de Cabo-Verde, p. 231.—El Sangay, en la América del S., p. 232.—La agrupacion de los volcanes importa quizás todavia mas que su configuracion y su altura, porque lleva al gran fenómeno geológico del levantamiento del suelo sobre las fallas de que está surcada la superficie terrestre; bosquejo general de los grupos volcánicos, p. 234 y siguientes.—Cuadro que determina el lugar y las alturas de los volcanes que forman la cadena de Anahuac, en Méjico, p. 243.—Cuadro indicador del número de los volcanes contenidos en cada uno de los cinco grupos americanos comprendidos entre 19° 25′ de latitud Norte, y 46° 8′ de latitud Sud, p. 247.—En Asia, los volcanes mas poderosos están repartidos en las islas de la Sonda, las Molucas, las Filipinas, los archipiélagos del Japon, las Kuriles y las islas Aleúticas, al Sud y al Este del continente, p. 253 y siguientes.—Levantamiento de los volcanes de Jorullo, en América, en el año 1759, p. 263.—Topografía y descripcion de ese volcan y de los hornitos qne le rodean, p. 263 y siguientes.—Volcanes de las regiones orientales de Méjico central, llamado antiguamente Anahuac; el pico de Orizaba, el Toluca; el Popocatepetl, el Iztaccihuatl, el campo de lavas llamado el Malpais del Atlachayacalt, p. 276 y siguientes.—*El Cofre de Perote*, p. 279.—Grupo volcánico de la América central, que sigue inmediatamente hácia el Sud, al grupo mejicano, y que contiene diez y ocho conos ó campanas, cuatro de las cuales vomitan lavas, p. 281.—Grupo volánico de Popayan y de Quito, reputado por no producir corrientes de lava, sino únicamente masas de escorias ardientes y disgregadas, p. 281.— El Antisana, p. 282 y siguientes.—La palabra *lava* no significa una combinacion mineral particular; todo lo que corre en un volcan y toma una nueva base, en razon de su fluidez es lava, p. 287.—El Cotopaxi, el mas poderoso de los volcanes de Quito, p. 289 y siguientes.—Es natural, tomar como medida y como testimonio de la actividad de los volcanes en las diferentes comarcas, el número de las andamiadas volcánicas, es decir, de los conos y de las cúpulas abiertas en el vértice y levantadas sobre las grietas que han seguido siendo conocidas hasta nuestros dias, p. 295.

Teoría geografica de los volcanes.—1.° Volcanes de Europa, p. 298.—2.° Volcanes de las islas del Océano atlántico, p. 300—3.° Volcanes de Africa, p. 304.—4.° Volcanes del continente asiático, p. 306 —5.° Volcanes de las islas del Asia oriental, p. 318—6.° Volcanes de las islas del Asia meridional, p. 330.—7.° Volcanes de las islas del Océano índico, p. 335.—8.° Volcanes del mar del Sud, p. 340.—9.° Volcanes de América, p. 353.—Cuadro que presenta el número de los volcanes repartidos en la superficie del globo, p. 371.—Erupciones del Vesubio, p. 372 y siguientes.—Los volcanes siguen la direccion de los rios, ya en una sola

Digitized by Google

línea, ya en dos y aun en tres líneas paralelas, p. 376. — Distancia entre las orillas del mar y los puntos en donde se manifiesta la actividad volcánica, p. 377.—Las islas y las costas son mas ricas en volcanes porque á los levantamientos causados por las fuerzas elásticas interiores corresponde un descenso en el fondo de los mares, p. 379.—Testimonio de un vasto y antiguo sistema de comunicacion entre las aguas, p. 379. —Espesor de la corteza terrestre, p. 381.—De qué manera y en qué medida obran las exhalaciones sobre la composicion química del aire y por consiguiente sobre la vida orgánica que se desarrolla en la superficie del suelo; análisis de los gases volcánicos, p. 382 y siguientes.

Fuente de las erupciones volcanicas y de las emanaciones gaseosas, p. 384.

Composicion mineralógica de la roca volcanica, p. 388 y siguientes. — Generalizacion del nombre de traquito, p. 390. — Clasificacion de los traquitos segun la asociacion de sus elementos esenciales, en seis grupos determinados por Rose, p. 392.— Al lado de los elementos esenciales y característicos de la formacion traquítica hay otros que no son esenciales, pero cuya frecuencia ó ausencia constante en los volcanes muy próximos es digna de fijar la atencion, p. 399.—Mica, p. 400.—Feldespato vítreo, p. 400.—Anfíbol y augita, p. 401.—Leucita, p. 402.—Olivina, p. 402.—Obsidiana, p. 404.—Diversas condiciones bajo las cuales los fenómenos químicos de la actividad volcánica preceden á la formacion de los minerales simples y su asociacion con los traquitos, p. 399-409.

FIN DEL RESUMEN ANALÍTICO DEL COSMOS.

Digitized by Google

INDICE

DE LAS MATERIAS CONTENIDAS EN ESTE TOMO.

Introduccion del autor para este tomo. 1
Resultados particulares de la observacion en el dominio de los fenómenos terrestres. 10

PRIMERA PARTE.

Magnitud y forma de la tierra.—Ojeada general. . . . 13
Magnitud, figura y densidad de la Tierra. 16
Calor interno de la Tierra y distribucion de este calor. 32
Actividad magnética del cuerpo terrestre. 46
Intensidad. 80
Inclinacion. 93
Declinacion. 108
Luz polar. 134

SEGUNDA PARTE.

Reaccion del interior de la tierra sobre su superficie.—Esposicion general. 143
Temblores de tierra. 147
Fuentes termales. 164
Fuentes de vapor y de gas.—Salsas.—Volcanes de lodo, fuegos de nafta. 185
Volcanes considerados segun su forma y los diferentes grados de su actividad. 200
Europa. 298
Islas del oceano atlántico. 300
Africa. 304
Asia. 306
Islas del Asia oriental. 318
Islas del Asia meridional. 330
Islas del oceano índico. 335

Digitized by Google

Mar del Sud. 340
Continente americano. 353
Número de los volcanes repartidos en la superficie del globo. . . 371
De qué manera y en qué medida obran las exhalaciones gaseosas en la composicion química del aire. 382
De las diferentes especies de rocas á través de las cuales obran los volcanes. 384
Mica. 400
Feldespato vítreo. . . . . id.
Anfibol y augita. 401
Leucita. 402
Olivina. . . . . id.
Obsidiana. 404
Notas. 401
Observaciones complementarias. 601
Resúmen analítico de los 4 tomos del cosmos. 603

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Princeton University Library
32101 058426030